



Uudet menetelmät vesistöjen seurannassa – mahdollisuudet ja haasteet

MARJO TARVAINEN | HELMI KOTILAINEN | JANNE SUOMELA



Uudet menetelmät vesistöjen seurannassa – mahdollisuudet ja haasteet

MARJO TARVAINEN

HELMİ KOTILAINEN

JANNE SUOMELA

RAPORTEJA 86 | 2015

**UUDET MENETELMÄT VESISTÖJEN SEURANNASSA – MAHDOLLISUUDET JA
HAASTEET**

Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Taitto: Anu Bässar

Kansikuva: Paimionjoen Patakoski, Koski TL. Asko Sydänoja

Kartat: Ilkka Myllyoja. Taustakartat © Maanmittauslaitos 06/2015.

ISBN 978-952-314-321-0(PDF)

ISSN-L 2242-2846

ISSN 2242-2854 (verkkojulkaisu)

URN:ISBN:978-952-314-321-0

www.doria.fi/ely-keskus

Sisältö

Johdanto	3
Lainsäädännön ja ohjeistuksen vaatimuksia seurannoille	5
Lainsäädäntö	5
Periaatepäätöksiä ja strategioita	7
Hydrologinen seuranta	8
Hydrologisen seurannan laitteistoja	10
Vedenlaadun seuranta kenttämittareilla	11
Yleistä kenttämittauksesta	11
Vedenlaadun jatkuvatoiminen mittaaminen	12
Vedenlaadun hetkellinen mittaaminen	13
Haasteena fosforin mittaaminen	15
Leväbiomassan mittaaminen	15
Happi	17
Muita laitteita	18
Secchi3000 ja iQwtr – kansalaishavainnointi	18
CastAway CTD-sondi	18
Bakteerien mittaaminen	19
Passiivinen näytteenotto	19
Merentutkimuksen laitteita	20
Kenttämittarilta vaadittavia ominaisuuksia	20
Kaukokartoitus	23
Satelliittikuvat	23
Satelliittikuvien mahdollisuudet ja haasteet	24
Ilmakuvaus	25
Aineistojen laadunvarmistus	26
Yleistä	26
Kenttämittariaineistojen laadunvarmistus	27
Mittausten suunnittelu ja toteutus	27
Asiantunteva aineistojen käsittely	28

Aineistojen sijainti ja avoimuus	29
Uusien menetelmien käyttökelpoisuus käytännön työssä	31
Pintavesien tilan luokittelu	31
Velvoitetarkkailut	33
Mallintaminen.....	34
Uusien menetelmien soveltuvuus eri ympäristöihin Varsinais-Suomen	
ELY-keskuksen toimialueella.....	35
Joet.....	35
Järvet	37
Merialue	39
Pohjavedet.....	40
Kustannukset ja hankintavaihtoehdot.....	41
Kustannukset	41
Hankintavaihtoehdot.....	42
Toimijoiden välinen yhteistyö	44
Alueellinen yhteistyö	44
Kansallinen yhteistyö	45
Kansalaisten rooli	45
Kokemuksia kansalaishavainnoinnista	45
Kansalaishavainnoinnin haasteet	46
Uusien menetelmien laajemman käyttöönoton haasteita	47
Yhteenveto	50
Lähteet	52
Kartat.....	55

Johdanto

VESISTÖJEN SEURANTATIETOA TARVITAAN MONENLAISEN VIRANOMAISTOIMINNAN TUEKSI, TUTKIMUKSEN, ELINKEINOELÄMÄN SEKÄ KANSALAISTEN TARPEISIIN. SEURANTATIETOA TARVITAAN MYÖS YMPÄRISTÖÖN KOHDISTUVIEN PAINEIDEN, KUTEN MAA- JA METSÄTALOUDEN VESISTÖVAIKUTUSTEN SEKÄ NIISSÄ TEHTYJEN VESIENSUOJELU-TOIMENPITEIDEN VAIKUTTAVUUDEN ARVIOINTIIN.

Hyvä seurantatieto helpottaa ja voi jopa nopeuttaa viranomaisten päätöksentekoa. Tämä puolestaan nopeuttaa asioiden käsittelyä ja takaa perustellumpia viranomaispäätöksiä, mikä puolestaan johtaa päätöksistä tehtävien valitusten vähenemiseen. Riittävään seurantatietoon perustuva vesien tilan luokittelu on myös halvin tapa kunnostaa vesistöjä, koska puutteellinen tai virheellinen seuranta-aineisto voi johtaa liian huonoon tilaluokitukseen, mikä velvoittaa kalliisiin kunnostustoimiin. Toisaalta aineisto voi johtaa myös liian hyvään tilaluokitukseen. Seurantoihin panostaminen voi siten tuoda merkittäviä säästöjä tiedon jatkokäytössä.

Väistämättä vähenevät taloudelliset resurssit ovat johtaneet seurantojen uudistamisen ja kehittämisen välttämättömyyteen, jotta tulevaisuudessakin saataisiin riittävästi laadukasta ympäristötietoa. Seurantatietoa onkin tuotettava jatkossa mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tällä hetkellä asetetaan paljon toiveita uusille teknologioille ja menetelmille, jotka voisivat parhaimmillaan vähentää työvoimavaltaista perinteistä näytteenottoa. Hydrologinen seuranta on jo pitkälle automatisoitua, mutta vedenlaadun seurannassa nojaututaan lähes kokonaan vielä perinteiseen näytteenottoon. Uusien menetelmien ja laitteiden käytön lisäämisen mahdollisuuksia onkin juuri vedenlaadun seurannassa. Monien menetelmien soveltuvuudesta suomalaisiin luonnonvesiin on jo paljon tietoa ja lisää tietoa kertyy koko ajan monelta eri taholta. Monista edistysaskeleista huolimatta uutta teknologiaa ja uusia menetelmiä hyödynnetään vielä hyvin vähän seurannoissa eikä niillä ole voitu korvata perinteistä näytteenottoa.

Näytteenotossa tarvittavat varusteet vaihtelevat vuodenajan mukaan. Kuva: Sanna-Mari Mattila.



Kustannustehokkuutta toivotaan saatavan myös toimijoiden välisen yhteistyön lisäämisen kautta. Ympäristön seuranta tehdään tällä hetkellä ympäristöhallinnon, konsulttien ja muiden organisaatioiden toimesta. Myös kansalaisten ja kansalaisjärjestöjen roolia seurantojen toteuttamisessa ja seurantatiedon täydentämisessä pyritään lisäämään. Ympäristön tilaa seuraavien automaattiasemien käytön ja toiminnan tehostamiseen mietitään uusia toimintamalleja, joiden avulla saataisiin kustannussäästöjä.

Seurantojen vähentämistavoitteiden yhteydessä on huomioitava, että samaan aikaan on myös suuria paineita lisätä seuranta joidenkin muuttujien ja ympäristöjen osalta. Esimerkiksi nykyinen pohjavesien perusseuranta ei anna riittävän kattavaa kuvaa pohjavesien laadusta ja määrästä (Ympäristön tilan seurannan strategia 2020). Monilta huonoon tilaan luokitelluilta tai riskialueiksi nimetyiltä pohjavesialueilta puuttuu riittävä seuranta. Joidenkin järvi- ja pohjavesimuodostumien tilasta ei ole tällä hetkellä käytettävissä mitään seurantatietoa. Lisäksi vaarallisten ja haitallisten aineiden vesiseurantoja tulisi huomattavasti laajentaa nykyisestä sekä näytteenottoaikkojen että seurattavien aineiden analyysimäärien osalta,

jotta lainsäädännön velvoitteet tulisi täytettyä (Ympäristön tilan seurannan strategia 2020). Tällä hetkellä on kovia paineita lisätä ympäristön mallinnusta, mutta se vaatisi myös panostusta mallien tarvitseman tiedon tuottamiseen.

Tässä selvityksessä käydään läpi uusia seuranta-menetelmiä ja mietitään niiden mahdollisuuksia sekä niihin liittyviä haasteita ja rajoitteita. Lisäksi pohditaan menetelmien käyttökelpoisuutta erilaisiin käytännön tarpeisiin, käydään läpi aineistojen laadunvarmistukseen liittyviä kysymyksiä, aineistojen tiedonsiirtoa rekistereihin sekä arvioidaan menetelmien soveltuvuutta ja käytön lisäämisen mahdollisuuksia Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella vesistötyypeittäin (järvet, joet, merialue, pohjavedet). Lopuksi pohditaan vielä uusien menetelmien laajempaan käyttöönottoon liittyviä haasteita. Selvityksessä keskitytään lähinnä luonnonvesien hydrologian ja fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien mittaamiseen. Haitallisten ja vaarallisten aineiden seurannan menetelmissä on tapahtunut edistystä, mutta niihin ei perehdytä tässä selvityksessä.

Selvitys laadittiin Varsinais-Suomen ELY-keskuksen toteuttamassa ”Uudet teknologiat ja toimintamallit automaattimittauksissa” -hankkeessa, jota rahoittaa ympäristöministeriö OHKE-määrärahoista vuosina 2015–2016. Työ liittyy laajaan Monitor 2020 -ohjelmaan sekä muihin seurantojen uudistamista kehittäviin hankkeisiin. Selvityksen teossa ovat auttaneet monet henkilöt Varsinais-Suomen ELY-keskuksessa, Suomen ympäristökeskuksessa sekä muissa organisaatioissa.

Kuva: Asko Sydänoja





Laajoen Korvensuun koski. Kuva: Asko Sydänoja.

Lainsäädännön ja ohjeistuksen vaatimuksia seurannoille

YMPÄRISTÖN TILAN SEURANNOILLE ON ASETETTU MONIA VAATIMUKSIA JA VELVOITTEITA SUOMEN JA EUROOPAN UNIONIN LAINSÄÄDÄNNÖSSÄ. LAINSÄÄDÄNTÖ OTTAA KANTAA MM. SEURANTOJEN JÄRJESTÄMISEN VASTUUTAHOIHIN SEKÄ SEURANTOJEN MÄÄRÄLLISIIN JA LAADULLISIIN VAATIMUKSIIN.

Myös monissa kansallisissa strategioissa ja linjauksissa otetaan kantaa seurantojen järjestämiseen ja sisältöön. Lainsäädäntö ja mm. EEA (European Environment Agency) ja HELCOM (Helsinki Commission) velvoittavat monenlaisen ympäristön tilaa koskevaan raportointiin, jossa tarvitaan seurannoista saatavaa tietoa.

Lainsäädäntö

Elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskuksista annetun lain (897/2009) mukaan ELY-keskusten tehtävänä on valvoa yleistä etua ympäristö- ja vesiasioissa, tuottaa ja jakaa ympäristöä koskevaa tietoa sekä parantaa ympäristötietoutta.

Vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain (1299/2004) mukaan Suomen ympäristökeskus, Ilmatieteen laitos, Luonnonvarakeskus,

elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset sekä Metsähallitus vastaavat merenhoidon seuranta- ja muista tehtävistä toimialoillaan (4 §). ELY-keskusten tehtäviin kuuluu myös järjestää kullakin vesienhoitoalueella vesien seuranta ja laatia vesien seurantaohjelmat (5 §). Merien osalta laissa määrätään, että ELY-keskusten tehtäviin kuuluu toimialueellaan osallistua Suomen ympäristökeskuksen koordinoiman Itämeren tilan seurantaohjelman laatimiseen ja järjestää seuranta rannikkovesille (5 §).

Laki velvoittaa vesienhoitoalueilla pinta- ja pohjavesien seurannan järjestettäväksi niin, että niiden tilasta saadaan yhtenäinen ja monipuolinen kokonaiskuva (9 §). Lisäksi ELY-keskusten laatimat vesien seurantaohjelmat tulee sovittaa yhteen vesienhoitoalueilla ja liittää osaksi vesienhoitosuunnitelmia. Seurantaohjelmaa laadittaessa tulee ottaa soveltuvin osin huomioon toiminnan harjoittajalle muun lain nojalla kuuluva tarkkailu (9 §).

Valtioneuvoston asetuksessa vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006) määrätään, että jos pinta- ja pohjavesimuodostumat eivät saavuta vesienhoitolaissa tarkoitettuja ympäristötavoitteita, ELY-keskusten tulee tehdä lisäselvitykset pinta- ja pohjavesien seuranta- ja toimenpideohjelmien laatimista

varten (7 §). Lisäksi asetuksessa säädetään hyvin laajasti vesienhoitoalueiden seurantaohjelmista, seurannan järjestämisestä, pinta- ja pohjavesien seurantaapaikoista ja -alueista, seurattavien tekijöiden valinnasta pinta- ja pohjavedessä, pinta- ja pohjaveden seurantatiheydestä ja seurannan laatuvaatimuksista (4 luku). Seuranta jaotellaan perusseurannaksi, toiminnalliseksi seurannaksi ja tutkinnalliseksi seurannaksi (16 §). Seurantatiheyden ja ajoituksen valinnasta määrätään siten, että on saavutettava hyväksyttävä luotettavuus- ja tarkkuustaso (19 §). Asetuksen liitteissä on yksityiskohtaisia määräyksiä mm. siitä mihin pintavesiin ELY-keskusten arvion perusteella perusseurannan seuranta-apaikkoja tai -alueita tulee sijoittaa. Liitteissä määrätään myös tarkat seurantatiheydet eri tekijöille joessa, järvessä ja rannikkovesissä.

Valtioneuvoston asetuksessa merenhoidon järjestämisestä (980/2011) säädetään, että ympäristöministeriö yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen ja ELY-keskusten kanssa vastaa mm. seurantaohjelmien laatimisesta ja tarvittavista seurannoista. ELY-keskukset vastaavat omalla toimialueellaan seurannan järjestämisestä rannikkovesille. Myös merenhoidon järjestämisestä annetussa asetuksessa säädetään laajalti merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmasta (luku 5). Seurantaohjelmissa tulee käyttää mahdollisuuksien mukaan kansainvälisiin sopimuksiin perustuvien ohjelmien seurantaohjeita sekä ohjelmien arviointikäytäntöjen ja -menetelmien vertailukelpoisuus muiden Itämeren Euroopan unionin jäsenvaltioiden kanssa tulee varmistaa.

Valtioneuvoston asetuksessa vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006) asetetaan ELY-keskuksille velvoite tarkastella seurantaohjelmien tulosten perusteella pitoisuuksien pitkäaikaisia muutossuuntia sellaisten aineiden osalta, joita yleensä kerääntyy sedimenttiin tai eliöstöön (9 §). Seuranta on toteutettava siten, että saadaan riittävästi tietoja luotettavaa pitkän aikavälin arviointia varten. Asetuksessa otetaan kantaa myös analyysimenetelmiin: ”Kaikki analyysimenetelmät, mukaan luettuina laboratorio-, kenttä- ja online-menetelmät, joita käytetään vesienhoidon järjestämisestä annetun lain 9 §:ssä tarkoitetuissa kemiallisen seurannan ohjelmissa, validoidaan ja dokumentoidaan EN ISO/IEC-17025 -standardin tai muiden kansainvälisellä tasolla hyväksytyjen vastaavien standardien mukaisesti.”

”Pintaveden tarkkailussa ja vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden pitoisuuden määrittämisessä päästöissä ja huuhtoutumisissa tulee käyttää SFS-, EN- tai ISO- standardien mukaisia menetelmiä tai niitä tarkkuudeltaan ja luotettavuudeltaan vastaavia menetelmiä. Aineen pitoisuus voidaan arvioida myös laskennallisesti, jos edellä tarkoitettuja menetelmiä ei ole käytettävissä.”

Haitallisten aineiden seurantavelvoitteita vedelle, sedimentille ja eliöstölle tulee myös mm. laatu- ja ympäristödirektiivistä (105/2008) ja meristrategiadirektiivistä (56/2008). Meristrategiadirektiivin mukaan jäsenvaltioiden on laadittava ja pantava täytäntöön seurantaohjelmat, joilla arvioidaan jatkuvasti merivesien ympäristön tilaa.

Muuta lainsäädäntöä, jossa asetetaan määräyksiä ja velvoitteita vedenlaadun seurannalle on mm. juomavesidirektiivi (83/1998), jossa säädetään ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadun seurannasta sisältäen listat seurattavista muuttujista ja määrittämismenetelmien laatuvaatimuksista. Myös terveydensuojelulaissa (763/1994) on säädöksiä koskien uimavesien vedenlaatua. Nitraattidirektiivi (931/2000) velvoittaa raportoimaan nitraatin vaikutuksista pohja- ja pintavesiin.

Mittauksen ja tutkimuksen laadunvarmistuksen osalta **ympäristönsuojelulain** (527/2014) 209 §:n perusteella lain täytäntöönpanon edellyttämät mittaukset, testaukset, selvitykset ja tutkimukset on tehtävä **pätevästi, luotettavasti ja tarkoituksenmukaisin menetelmin**. Lisäksi ympäristönsuojelulaissa todetaan, että pinta- ja pohjaveden sekä ympäristöön johdettavan jäteveden laatuun sekä sedimenttiin ja vesieliöstöön liittyvät mittaukset, testaukset, selvitykset ja tutkimukset voi tehdä vain hyväksytty toimija. Suomen ympäristökeskus hyväksyy toimijan hakemuksesta julkiseen käyttöön tarkoitettuun luetteloon määrääjäksi. Hyväksymisen edellytyksenä on, että toimijalla on haetun pätevyysalueen kannalta riittävät tekniset toimintaedellytykset ja kirjallinen laatujärjestelmä, johon sisältyy tulosten luotettavuuden kannalta riittävä laadunvarmistus. Lisäksi henkilökunnalla on oltava tehtävän edellyttämä koulutus ja pätevyys.

Tämän lisäksi ympäristönsuojelulakiin on kirjattu, että valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä:

- 1) näytteenotosta, mittaus-, laskenta- ja testausmenetelmistä, standardeista ja laskentamalleista, joita on käytettävä tämän lain ja sen nojalla annettujen säännösten soveltamisessa;
- 2) näytteenoton, mittauksen, testausten, selvitysten ja tutkimusten luotettavuuden ja laadun varmistamisesta;
- 3) 2 momentissa tarkoitettujen toimijoiden hyväksymisen edellytyksistä ja hyväksymisen voimassaolosta sekä hyväksytyistä toimijoista pidettävään julkiseen luetteloon merkittävistä tiedoista.

Periaatepäätöksiä ja strategioita

Valtioneuvosto on vuonna 2006 tehnyt **periaatepäätöksen vesiensuojelun suuntaviivoista vuoteen 2015**. Päätöksessä on otettu kantaa myös tutkimukseen, kehittämiseen ja ympäristön seurantoihin. Sen mukaan tutkimus ja seuranta ovat tärkeä osa vesiensuojelua ja sen kehittämistä.

”Tietoa tarvitaan vesiin kohdistuvien muuttavien toimintojen vaikutusten tunnistamiseksi ja arvioimiseksi, niistä aiheutuvien haittojen estämiseksi ja vähentämiseksi sekä muutoksiin sopeutumisiksi.”

Lisäksi sekä maatalouden että metsätalouden vesistövaikutusten seurantaa kehitetään ja toimenpiteiden tehokkuutta arvioidaan. Myös haitallisten aineiden tunnistamista sekä niiden esiintymisen, käytäytymisen ja vaikutusten selvittämistä ja seurantaa sekä riskien hallintaa parannetaan. Pohjavesien osalta suuntaviivat linjaavat, että pohjavesien suojelua palvelevaa tutkimusta, seurantaa ja valvontaa tulee tehostaa. Kansalaisten osallistumisesta seurantatiedon tuottamiseen sanotaan periaatepäätöksessä:

”Eri kansalaisryhmien omaehtoisen toiminnan tukemiseksi ja ympäristötietoisuuden lisäämiseksi on tarpeen tuottaa tietoa vesien tilasta ja mahdollisuuksista vaikuttaa siihen.”

Ympäristön tilan seurannan strategia 2020 määrittelee ympäristötiedonkeruulle, varastoimiselle ja hyödyntämiselle strategiset tavoitteet, sekä niiden toteuttamisen keinot ja toimenpiteet vuoteen 2020. Keskeisin tavoite on uudistaa kokonaisvaltaisesti ympäristön tilan seurantoja ja korvata työvoimavaltaisia menettelyjä ajallisesti ja alueellisesti kattavilla tai niitä tukevilla menetelmillä, hyödyntäen täysimääräisesti

uusia teknologioita. Tavoitteena on mahdollistaa säädöksiä edellyttämä tiedon tuotanto nykyistä vähäisemmällä voimavaroilla.

Ilmastomuutoksen vaikutuksista tarvitaan seurantatietoja kansallisen sopeutumisstrategian tuottamiseksi, EU:lle tehtävään raportointiin, Arktisen neuvoston alaiseen työhön sekä kansainvälisen ilmastopaneelin (IPPC) arviointityöhön.

Suomen hallitus on tehnyt vuonna 2011 **periaatepäätöksen julkishallinnon digitaalisten tietoa-aineistojen saatavuudesta**. Päätöksen mukaan tietoa-aineistojen tulee olla avoimesti saatavilla ja uudelleenkäytettävissä yhtenäisin, selkein ja kaikille tasapuolisin ehdoin. Aineistojen tulee myös pääsääntöisesti olla maksuttomia. Periaatepäätös koskee ensisijaisesti sellaisenaan luovutettavissa olevia julkisia aineistoja, joiden käsittelyä lainsäädäntö ei rajoita. Tiedon avaamisessa on aina huolehdittava siitä, etteivät yksityisyydensuoja, liikesalaisuudet, tekijänoikeudet, kansallinen turvallisuus tai muut vastaavat periaatteet ja oikeudet vaarannu. Päätöksessä todetaan, että julkisen sektorin tietoa ja sen käyttöä koskevaa lainsäädäntöä on selkeytettävä. Tiedon käyttöä mahdollistavia teknisiä rakenteita on yhdenmukaistettava. Lisäksi on edistettävä sellaisia palveluita ja sovelluksia, jotka hyödyntävät julkisia tietoa-aineistoja. Hallitus linjaa, etteivät tietoa-aineiston käyttöehdot saa olla esteenä tiedon monipuoliselle kaupalliselle ja ei-kaupalliselle käytölle. Aineistoja tulee voida käyttää mahdollisimman laajasti ilman erillisiä neuvotteluja ja lupamenettelyjä.

Hydrologinen seuranta

HYDROLOGINEN SEURANTA PERUSTUU SUURELTA OSIN LAINSÄÄDÄNNÖN VAATIMUKSIIN. TULVARISKIEN HALLINTAA KOSKEVAN LAIN (620/2010) MUKAAN ELY-KESKUSTEN TEHTÄVÄNÄ ON 4 §:N MUKAAN HUOLEHTIA HYDROLOGISTESTA SEURANNASTA SEKÄ VESITILANNE- JA TULVAVAROITUSPALVELUSTA YHTEISTYÖSSÄ SYKEN JA ILMATIETEEN LAITOKSEN KANSSA. VESILAIN MUKAISTEN LUPIEN EHDOKSIA ON MÄÄRÄYKSIÄ SÄÄNNÖSTELTYJEN VESISTÖJEN HYDROLOGISISTA MITTAUKSISTA.

Useissa vesistöjen säännöstelyissä valtion edellyttään lupien haltijana toteuttavan mm. laajoja mittaus- ja mallinnuspalveluja. Hydrologinen seuranta palvelee merkittävästi myös vesienhoidon tavoitteita.

Hydrologista seurantatietoa käytetään monipuolisesti, sitä toimitetaan mm. vesistöjen käytön ja vesistöennusteiden tarpeisiin, vesivarojen ajallisten ja alueellisten vaihtelujen seuraamiseen sekä ilmastomuutoksen vaikutusten arvioimiseen.

Hydrologisen seurantaohjelman tiedot tulevat valtakunnallisilta ja alueellisilta asemilta sekä hallinnon ulkopuolisten toimijoiden ja havaintijoiden ilmoituksista (Korhonen 2009). SYKE vastaa mm. hydrologisten seurantojen koordinoinnista, ohjeistuksesta, mitta-

ustekniikan koordinoinnista, hallinnon ulkopuolisten havaintijoiden palkkionmaksusta, tietojen keruusta ja tallennuksesta tietokantoihin, laadunvalvonnasta ja osin asemien tiedonsiirtokustannuksista. ELY-keskukset puolestaan vastaavat havaintoasemien ylläpidosta ja osittain myös siitä aiheutuvista kustannuksista (havaintoasemien rakennus ja kunnostus, laitteiden hankinta ja asennus, tarkistusmittaukset, havaintijoiden opastus jne.). Ilmatieteen laitoksella on keskeinen rooli hydrologisten palvelujen tuottamisessa, sillä se toimittaa hydrologisissa malleissa ja ennusteissa tarvittavia säähavaintoja. Lisäksi hydrologista tietoa käyttää ja osin myös tuottaa laaja joukko eri virastoja, vesihuoltolaitoksia, tutkimuslaitoksia, yliopistoja sekä tiedotusvälineitä. (SYKEN hydrologisten palvelujen kehittämisryhmän loppuraportti).

Hydrologinen seuranta jaetaan hydrometeorologiseen, vesistöseurantaan ja hydrogeologiseen seurantaan.

Hydrometeorologinen seuranta sisältää aluesadannan, lumen vesiarvon ja haihdunnan mittaamisen. Sadetietoja saadaan Ilmatieteen laitoksen ylläpitämillä sadeasemilta. Ympäristöhallinnon ylläpitämillä



ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) - virtausmittari. Kuva: Marjo Tarvainen.

lumilinjoiilta mitataan kuukausittain lumen vesiarvon vaihteluja ja lumen syvyyttä maastoltaan edustavilla linjoilla. Lumilinja-asemia on yhteensä noin 150 kpl. Haihduntaa mitataan standardisoidulla Class A-astialla noin 12 asemalla. (Korhonen 2009, http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Hydrologiset_havainnot).

Vesistöseuranta sisältää vedenkorkeuden, virtaaman, jääolojen ja veden lämpötilan seurannan. Vedenkorkeuden seurantaohjelmaan kuuluu noin 310 asemaa, joista suurin osa on SYKE:n ja ELY-keskusten ylläpitämiä. Suurimmalla osalla asemista on jo automaattinen mittalaite, mutta osalla on vielä limnigrafi tai vedenpinnan korkeus luetaan manuaalisesti vedenkorkeusasteikolta tai pohjapaalulta. Virtaaman havaintoverkkoon kuuluu yli 270 asemaa, joista SYKE ja ELY-keskukset ylläpitävät noin 160. Lisäksi on hallinnon ulkopuolisia tiedontuottajia. Virtaamaa havainnoidaan luonnonuomissa, vesivoimalaitoksilla ja säännöstelypadoilla. Jään paksuutta mitataan noin 50 asemalla. Lisäksi havainnoidaan vesistöjen jäätymistä ja jäänlähtöä. Pintaveden lämpötilaa mitataan avovesikaudella päivittäin yli 30 asemalla. Suurimmalla osalla asemista on automaattinen pintaveden lämpötila-anturi reaaliaikaisella tiedonsiirrolla. Mittaukset ovat nähtävissä Suomen ympäristökeskuksen www.sivuilla, jonne ne päivittyvät automaattisesti. (Korhonen 2009, http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Hydrologiset_havainnot)

Hydrogeologiseen seurantaan kuuluu perusseurantaa, maa- ja metsätalouden pohjavesien hajakuormitusseurantaa, tiesuolauksen pohjavesivaikutusten seurantaa sekä vesienhoitolain mukaista pohjavesien seurantaa. Perusseurantaan kuuluu mm. pohjaveden pinnankorkeuden, laadun, maankosteuden sekä roudan syvyyden ja sulamisen mittaamista. Pohjavesiasemia on yhteensä noin 80 eri puolilla Suomea. Osa pinnankorkeusasemista on jo automatisoitu. Pohjaveden laatua seurataan vesinäytteiden avulla 2–4 kertaa vuodessa. Roudan syvyyttä sekä roudan sulamista seurataan noin 40 routa-asemalla. Maa- ja metsätalouden hajakuormituksen pohjavesiseurantaverkkoon on valittu noin 20–30 paikkaa (kaivoja, havaintoputkia ja lähteitä). Kohteiden valinnassa on otettu huomioon mm. pohjavesialueiden herkkyyden, intensiivisen viljelyn alueet, voimakkaan karjatalouden alueet ja torjunta-aineriskiä aiheuttavat erikoisviljelyalueet. Kohteissa seurataan lähinnä ravinteita ja torjunta-aineita. Liukkaudentorjunnan vaikutuksia pohja-



Vedenkorkeusasteikko. Kuva: Asko Sydänoja.

veden laatuun seurataan ELY-keskusten Liikenne- ja infrastruktuuri -vastuualueen toimesta. Vesienhoitolain mukaisen pohjavesien seurantaohjelman tavoitteena on saada tietoa pohjaveden pinnankorkeudesta, laadusta, luontaisista ja ihmistoiminnan niihin aiheuttamista lyhyen ja pitkän aikavälin vaihteluista. (Mäkinen ym. 2009, http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Hydrologiset_havainnot, <http://www.syke.fi/hankkeet/hydrogeoseurannat>)

Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirjassa kuvataan ja ohjeistetaan hydrologisen seurannan kenttätöiden vaatimuksia ja menettelyjä. Ohjeistuksia on annettu vedenkorkeuden, virtaaman, lumilinjamittausten, veden lämpötilan, jäänpaksuuden, pohjavesi-, routa- ja valuntamittausten tekemiseen. Käsikirjassa on selostettu yksityiskohtaisesti mittausten oikeat suoritustavat. Käsikirjan sisällön tunteminen ja käytännön töiden osaaminen ovat edellytyksenä hydrologisen seurannan kenttätöiden henkilösertifikaatin saamiselle.

Hydrologisen seurannan laitteistoja

Hydrologista seurantaan automatisoidaan koko ajan käytettävissä olevien resurssien sallimissa rajoissa. Hydrologiseen seurantaan käytettävät automaattiset mittalaitteet ovat enimmäkseen hyviksi havaittuja ja luotettavia. Tällä hetkellä hydrologisessa seurannassa on käytössä mm. seuraavia laitteistoja (Lähteet: Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja, HYD-Valikko, Herta):

Pinnankorkeuslaitteistoja:

- OTT DuoSens
- OTT ecoLog
- Procol
- Telecom 246
- Promod
- Luode-Level/GWMS-mittausasema
- Campbell CR200
- Campbell CR800
- PVD-mittausasema
- Telog 2109e-datankeruulaite
- Labcom 200 tiedonsiirtoyksikkö
- Keller
- Vedenkorkeuspiirturi, limnigrafi

Virtaaman mittaus:

- Siivikko
- Ultraäänitutka ADP/ADCP

Veden lämpötila:

- PVD (automaatti)
- Lämpömittari (manuaalinen mittaus)

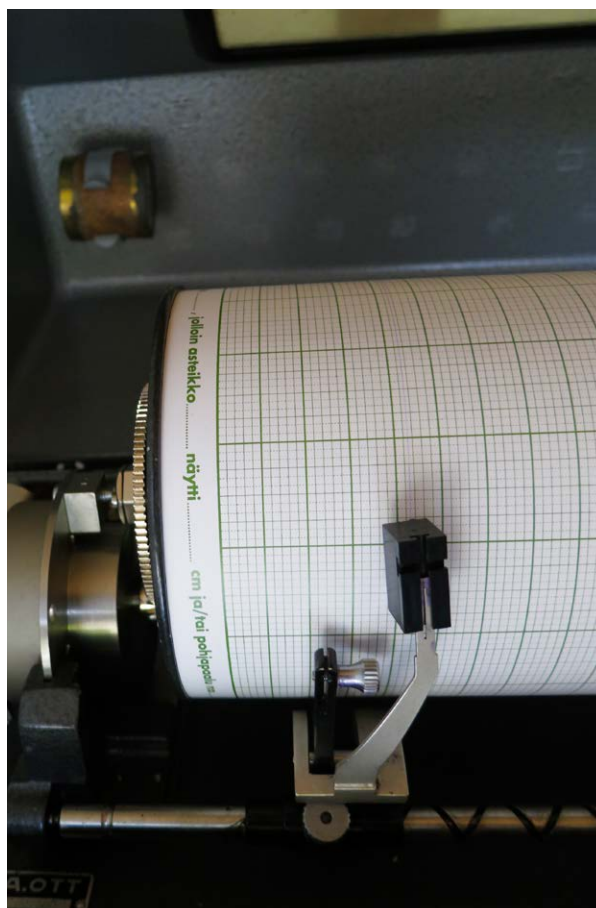
Lisäksi markkinoilla on vesistöjen virtaaman mittamiseen uusia erilaisilla toimintaperiaatteilla toimivia laitteita. Veden pinnankorkeuden, nopeuden ja virtaaman mittamiseen on kehitelty esimerkiksi tutkaperiaatteella toimivia laitteita. Näistä esimerkkinä Sommerin kosketusvapaat tutkajärjestelmät, jotka on kehitelty erittäin vaativiin ympäristöolosuhteisiin. Samalta valmistajalta on saatavissa myös siirrettäviä virtaamamittareita, joita suositellaan tulvatilanteisiin. Laitteiden toimivuudesta ja käyttökelpoisuudesta suomalaisissa olosuhteissa olisi hyvä saada lisää kokemuksia.

Uudemmissa yksittäisistä laitteista voidaan mainita esimerkkinä SonTekin FlowTracker Handheld ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) -laite, jonka avulla saadaan tietoa virtausnopeudesta ja virtaamasta. Laitteen toiminta perustuu akustiseen doppler-virtaus-

mittaukseen, jossa anturit mittaavat vedessä olevien partikkeleiden liikkeen avulla veden virtausnopeuden. Mittausta varten havaitsijan on mentävä uomaan, joten laite soveltuu vain pienten uomien mittaamiseen. Mittaus on herkkä kivien ja kasvillisuuden aiheuttamille häiriöille. Mittauksia pitää tehdä myös eri virtaamatilanteissa. FlowTracker ei sovellu rutiininomaiseen virtaaman mittaamiseen johtuen mittaukseen kuluvan ajan pituudesta. Sen sijaan laite soveltuu hyvin tilanteisiin, joissa halutaan tarkennettua virtaamatietoa tietyistä kohteesta esimerkiksi suunnittelun tueksi.

Hydrologisiin mittauksiin on tarjolla monenlaisia laitteita, joiden käyttö voi olla perusteltua tietyissä erikoistilanteissa. Uusien menetelmien soveltuvuutta ja taloudellista kannattavuutta on tarpeen selvittää enemmän.

Limnigrafi. Kuva: Marjo Tarvainen.





SYKEN jatkuvatoiminen vedenlaatumittari Hirvijoessa. Kuva: Asko Sydänoja.

Vedenlaadun seuranta kenttämittareilla

Yleistä kenttämittauksesta

Kannettavia kenttämittareita on tarjolla hyvin monenlaisia ja monelta eri laitetoimittajalta. Mittarit voivat soveltua parhaiten joko pitempiaikaiseen samassa paikassa tehtävään jatkuvatoimiseen tai eri paikoissa tehtävään hetkelliseen vedenlaadun mittaamiseen. Jatkuvatoimiseen ja hetkelliseen mittaukseen käytettävältä laitteelta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia esimerkiksi antureiden likaantumisen ja puhtaanapidon, tiedonsiirtoratkaisujen, vertailunäytteiden, virrankulutuksen ja erityisesti yleisen käytettävyyden suhteen. Näitä tarkastellaan lähemmin kappaleessa ”Kenttämittarilta vaadittavia ominaisuuksia”. Mittarit voivat joskus olla ominaisuuksiltaan myös molempiin mittaukstopoihin soveltuvia.

Mittarin valinta omaan käyttötarkoitukseen ja kohdevesistöön vaatii syvällistä perehtymistä laitteiden ominaisuuksiin, joista etenkin mittausalue, mittaus-

tarkkuus ja tulosten luotettavuus ovat keskeisiä tietoja. Laitevalmistajien ilmoittamat mittaustarkkuudet voivat edustaa laitteen tarkkuutta tietynlaisissa olosuhteissa, joten nämä on hyvä tarkistaa ennen hankintapäätöstä. Ympäristöhallinnon vedenlaaturekisteriin vietäville tiedoille on esitetty laatusuosituksen määräysrajoista ja mittausepävarmuuksista (Näykki ym. 2013). Luonnonvesien mittaamiseen tarvitaan usein hyvinkin alhaisia määräysrajoja. Tulosten luotettavuuden varmistamiseen liittyy olennaisena osana laitteiden ja tulosten kalibrointi. Kalibroinnista Näykki ym. (2013) ovat antaneet suosituksen, että sen tulisi olla havaintopaikkakohtainen tai edustaa muuten hyvin mittauskohdetta. Tulosten luotettavuuden varmistamiseen tarvitaan myös vertailunäytteitä, joita tulisi etenkin jatkuvatoimisessa mittaamisessa olla useita, ja niiden tulisi edustaa erilaisia mittauspaikalla havaittavia vedenlaatuilanteita. Mittaustulosten tarkkuuden ja luotettavuuden varmistamiseen liittyy olennaisena

osana myös mittareiden oikeaoppinen huolto ja säilytys.

Yleisesti ottaen kenttämittareiden käyttö on hyvin kirjavaa eikä mittaustoiminta ole laatujärjestelmän alaista. Kullakin toimijalla on omat käytäntönsä sekä itse mittaamisen käytännön järjestelyiden että tulosten laadun varmistamisen suhteen. Tulosten laadun vaihtelua aiheutuu myös siitä, että kentällä tehtävien mittausten epävarmuutta ei yleensä tiedetä yhtä hyvin kuin laboratorioanalyysien. Nämä heikentävät kenttämittausten vertailukelpoisuutta aiempiin tai muilla menetelmillä saatuihin tuloksiin.

Laitteiden soveltuvuutta erilaisten vesien mittaamiseen erilaisissa olosuhteissa on mahdollista testata SYKE:n Oulun toimipaikan laboratorioon rakennetulla kenttämittauslaitteiden mittalaittealustalla. Laitteiston avulla voidaan seurata esimerkiksi antureiden kalibrointitarvetta ja likaantumista ja niiden vaikutusta mitaustuloksiin (A. Karppinen, suullinen tiedonanto).

Kuva: Asko Sydänoja



Vedenlaadun jatkuvatoiminen mittaaminen

Vedenlaadun jatkuvatoimiseen mittaamiseen on saatavilla laitteita useilta eri laitetoimittajilta. Suomessa on käytössä mm. YSI-, S::CAN- ja Hydrolab-merkkisiä laitteita. Mittareihin on valmistajasta riippuen mahdollista valita ainakin pinnankorkeutta, sähkönjohtavuutta, sameutta, lämpötilaa, happea, nitraattia, orgaanisia aineita (TOC ja DOC), sinileviä (fykosyaniini) ja a-klorofylliä mittaavia antureita. Mittarit kehittyvät koko ajan ja esimerkiksi uusimpiin YSI-mittareihin on saatavilla Bluetooth -yhteydellä toimiva tiedonsiirto. Jatkuvatoimiseen vedenlaadun mittaukseen yhdistetään usein tiedonsiirtopalvelu, jolloin tuloksia voidaan seurata reaaliaikaisesti. Tämä mahdollistaa tarvittaessa nopean puuttumisen mittauksessa havaittaviin poikkeaviin havaintoihin tai selviin virheisiin.

Jatkuvatoimisten vedenlaatumittareiden käyttökelpoisuudesta on Suomessa jo melko paljon kokemusta. Mittareita ovat käyttäneet vesiensuojeluyhdistykset, eri alojen tutkimuslaitokset, säätiöt, ammattikorkeakoulut, yritykset ja monet muut toimijat. Ympäristöhallinnossa kokemuksia jatkuvatoimisista mittareista ovat kerryttäneet etenkin Suomen ympäristökeskus ja Varsinais-Suomen ELY-keskus. Suomea pidetään jatkuvatoimisen vedenlaadun mittauksen edelläkävijänä (Huitu ym. 2014).

Jatkuvatoimisista mittareista on todettu olevan hyötyä etenkin nopeiden ja suurten vaihteluiden mittaamisessa, johon perinteisellä vesinäytteenotolla ei ole mahdollista päästä kiinni. Mittareiden tuottamaa tietoa on hyödynnetty monin paikoin jokien ja ojien vedenlaadun seurannassa sekä kuormituksen tarkentamisessa (mm. Kotilainen 2012, Siimekselä ym. 2013, Suonpää & Helttunen 2012, Valkama ym. 2008). Kuormituslaskelmien tarkkuus paranee jatkuvatoimisten mittareiden avulla etenkin kevät- ja syystulvien aikaan, jolloin fosforipitoisuudet voivat vaihdella voimakkaasti ja nopeasti jopa muutaman tunnin sisällä (Valkama ym. 2008). Mittareita on hyvä pitää samassa kohteessa useita vuosia, jotta vuosien välisestä vaihtelusta saadaan luotettava käsitys. Parhaimmillaan mittareilla voidaan isoissa jokikohteissa mitata ympärivuotisesti, mutta toisinaan mittareita joudutaan ottamaan keväisin jäidenlähdon aikoihin pois (Vartiainen ym. 2014). Samoin huippuvirtaamien aikana joudutaan tarkkailemaan tilannetta, jotteivät mittarit rikkoutuisivat tai lähtisivät virran mukaan. Tällöin tilannetta olisi hyvä paikata perinteisillä vesinäytteillä. Myös pienissä vähävetisissä uomissa mittareita voi-

daan joutua nostamaan ylös joko uoman kuivumisen tai jäätyksen johdosta.

Jatkuvatoimisia mittareita on käytetty myös maa- ja metsätalouden vesiensuojelutoimien vaikuttavuuden arvioinnissa etenkin monissa Pyhäjärvi-instituutin hankkeissa. Mittareiden avulla on seurattu myös ruoppausten vaikutusta veden laatuun (Korkeamäki 2012). Kiskonjoen vesistössä olevan Hamarinkosken ja Saarenjärven pohjapatojen rakentamisen vesistövaikutuksia seurattiin jatkuvatoimisilla sameusmittareilla. Hyviä kokemuksia mittareiden käytöstä rakennustyömaan vesistötarkkailussa saatiin myös valtatie 5:n parantamisen yhteydessä Kuopiossa, jossa seurattiin rakentamisen aikaista veden sameutta Kallan siltojen kohdalla (Heitto 2012). Kaivosteollisuudesta esimerkkinä Talvivaara, jossa lähivesien vedenlaatua (mm. sähkönjohtokyky, pH ja lämpötila) seurataan automaattisilla mittalaitteilla Suomen ympäristökeskuksen ja Kainuun sekä Pohjois-Savon ELY-keskusten toimesta. Maasää-hankkeessa vuosina 2007-2009 rakennettiin Karjaanjoen valuma-alueelle noin 70 havaintoasemasta muodostuva automatisoitu mittausverkko, joka tuottaa tietoa säästä, maan kosteudesta ja veden laadusta (Huitu 2009). Näiden avulla saadaan tietoa mm. tila- ja lohko-kohtaisista ympäristöolosuhteista sekä ravinnekuormituksesta säätilan ja maatalouskäytönten vaihdellessa sekä Hovin kosteikon toiminnasta. Tietoa voidaan hyödyntää maatalouden toimenpiteiden suunnittelussa. Automaattisen vedenlaadun seurannan avulla saatiin Hovin kosteikon toiminnasta uutta tietoa havaiten mm. korkeimpien pitoisuuksien jaksojen voivan olla hyvin lyhytkestoisia (Koskiahio & Puustinen 2009). Vastaavan tiedon saaminen perinteisellä vesinäytteenotolla ei olisi ollut mahdollista. Myös Aurajoen valuma-alueella seurattiin jatkuvatoimisilla vedenlaatumittareilla kosteikkojen toimintaa Vuohenojassa (Koskinen 2014). Kosteikoilla ei ollut merkittävää vaikutusta vedenlaatuun, mutta niiden todettiin toimivan yli- ja alivirtaamien tasaajina sekä lisäävän maisemallista arvoa ja monimuotoisuutta.

Virtavesissä mittauksia tehdään tyypillisesti vain yhdeltä syvyydeltä. Järvissä mittauksia voidaan tehdä useilta eri syvyyksiltä, esimerkiksi Jyväskylän ja Konneveden mittauslaittoilla vinssi-järjestelmä mahdollistaa koko vesipatsaan profiloinnin (www.paijanne.org) (Kempainen ym. 2015). Syvien järvien vedenlaatua kannattaakin seurata eri syvyyksillä, jotta saadaan tietoa esimerkiksi pohjanläheisten vesikerrosten happitilanteesta, mikä kertoo sisäisen kuormituksen riskistä. Mittauslaittoja on yleensä vain yksi järvessä johtuen mm. niiden korkeista perustamiskustannuksista. Lau-



tan sijainti järvessä onkin mietittävä huolella, jotta mitaustuloksilla olisi mahdollisimman suuri käyttöarvo. Sijaintia mietittäessä on otettava huomioon myös paikalliset olosuhteet, jottei heikennetä esimerkiksi vesiliikenteen tai kalastuksen edellytyksiä. Asennettaessa jatkuvatoimista mittaria virtavesiin on sijaintia mietittäessä hyvä olla tietoinen myös valuma-alueen maankäytöstä. Pienten tutkimusvaluma-alueiden aineistoista on havaittu, että maatalousvaltaisilla alueilla on korkeammat ravinnepitoisuudet ja suuremmat vaihtelet kuin metsäisillä tai seka-alueilla (Tattari ym. 2015).

Vedenlaadun hetkellinen mittaaminen

Hetkellisiä pistemäisiä mittauksia tehtäessä laitteita kuljetetaan mukana ja tehdään nopeita mittauksia eri paikoissa. Hetkellinen mittausta voi olla esimerkiksi vesipatsaan profilointi, jonka avulla päätetään vesinäytteiden ottosyvyydet. Hetkellisten mittausten avulla voidaan myös kartoittaa pohjanläheistä happitilannetta. Yleisesti tehdään lämpötilan, sähkönjohtokyvyn ja syvyyden mittausta ns. CTD-sondilla. Mittausten avulla saadaan enemmän tietoa vedenlaadusta, mutta kenttämittareita käytetään toistaiseksi vielä hyvin vähän ruutiinomaaisessa vesistöjen seurantatyössä.



Suomen ympäristökeskuksen, Luonnonvarakeskuksen ja ELY-keskusten ”Liikkuvan havaittajan tiedonkeruu, varastointi ja jakelupalvelu (HALI)” -hankkeessa (2014–2015) testattiin kenttämittareiden käytettävyyttä ja soveltuvuutta erilaisten vesistöjen tilan seurantaan. Lisäksi hankkeessa selvitettiin sekä kansalaisille että ammattilaisille suunnattujen ”kenttäreppujen” eli erilaisten laitteiden ja mittausvälineiden käyttökelpoisuutta. Hankkeen tuloksista valmistuu raportteja vuoden 2015 aikana.

Haasteena fosforin mittaaminen

Vedenlaadun kenttämittareiden yhtenä suurimpana heikkoutena on edelleen luotettavan ja riittävän tarkan fosforianturin puuttuminen. Tekniikan kehittämiseksi USA:ssa on meneillään ravinneanturin kehittämishaaste (Nutrient Sensor Challenge, <http://www.act-us.info/nutrients-challenge/index.php>, Alliance for Coastal Technologies), jonka tavoitteena on nopeuttaa sopivan ja tarkan nitraatti- ja ortofosfaattianturin kehitystyötä sekä niiden käyttöönottoa. Haasteen tavoitteena on saada uusi teknologia kaupalliseen käyttöön vuoteen 2017 mennessä.

Toistaiseksi fosforipitoisuus on arvioitu sameuden ja fosforipitoisuuden välisen riippuvuuden avulla. Näin on voitu laskea kiintoaine- ja kokonaisfosforikuormitusta Aurajoessa, Eurajoessa ja Loimijoessa (Vartiainen ym. 2014). Myös Lepsämäjoessa oli erittäin merkitsevä korrelaatio sameuden ja kokonaisfosforipitoisuuden välillä (Valkama ym. 2008). Pohjois-Savossa Korpjoella on myös saatu hyvä korrelaatio sameuden ja kokonaisfosforipitoisuuden välille (Antti Kanninen, suullinen tieto). Sen sijaan esimerkiksi Luonnonvarakeskuksen (ent. MTT) Maaningan tutkimusasemalla Kirmanjärven valuma-alueella ei ole havaittu nurmiviljelyalueelta tulevassa vedessä merkitsevää sameuden ja kokonaisfosforipitoisuuden välistä korrelaatiota. Tähän on syynä se, että nurmiviljelyalueelta tuleva fosfori on pääasiassa liukoisessa muodossa eikä sen pitoisuutta voida siten arvioida epäsuorasti sameuden perusteella. Maaningalla ravinnekuormitusta seurataankin jatkuvatoimisten virtaamamittareiden ja automaattisten vesinäytteenottimien avulla (Räty ym. 2014). Poikkeuksena edelliseen Siimekselä ym. (2011) ovat havainneet Saarijärven reitillä merkitsevän korrelaation sameuden ja kokonaisfosforipitoisuuden välillä, vaikka fosforista suurin osa olikin liukoisessa muodossa. Maankäyttömuodon

lisäksi maalaji vaikuttaa fosforin liikkumismuotoon. Hienojakoisilta savimailta fosfori kulkeutuu pääasiassa kiintoaineksen mukana, mutta karkeilta kivennäismailta huuhtoutuva fosfori voi olla enimmäkseen liukoista (Räty ym. 2014). Sameuden ja kokonaisfosforin väliseen riippuvuuteen vaikuttaa moni asia, joten riippuvuuden merkitsevyys on varmistettava aina paikka-kohtaisesti vesinäytteiden perusteella.

Puuttuvan fosforianturin sijasta ravinteiden analysointiin kenttäoloissa on kokeiltu märkäkemiaan perustuvia ravinneanalysaattoreita, joita on kokeiltu ainakin Oulun ja Turun ammattikorkeakouluissa. Käytössä on ollut italialaisia Systea NPA -laitteita, jotka ovat voineet mitata joko typpeä (kokonaistyyppi, NO_2 , NO_3) tai fosforia (kokonaisfosfori, PO_4). Toimintaperiaatteeltaan laitteet ovat kenttäkäyttöön muokattuja pienoislaboratorioita, joissa on sisällä analysointiin tarvittavat reagenssit. Käyttäjäkokemusten mukaan laitteiden toimivuus on ollut puutteellista ja kalibrointi on ollut hankalaa. Lisäksi ne tarvitsevat kenttäoloissa verkkovirtaa, mikä rajoittaa niiden käyttöä. Tulosten toistettavuus oli ollut myös heikko. Kaiken kaikkiaan laitteita ei pidetty kenttäkelpoisina ja suositeltavina. Sitten laitteita on kehitetty eteenpäin, mutta uusista laitteista ei ole vielä tiedossa kokemuksia.

Ravinnepitoisuuden kenttämittaus on siis hyvin haastava mittaustapa. Paikan päällä tehtävien analyysien tai mittausten sijasta käytetään jonkin verran automaattisia vesinäytteenottimia, joiden avulla voidaan kerätä tiheästi vesinäytteitä. Vesinäytteet analysoidaan myöhemmin laboratorioissa, joissa ravinteiden analysointi on nopeutunut ja tehostunut mm. monikanavaisten virtausanalysaattoreiden yleistymisen ansiosta. Näytteenottimissa olevien näytteiden säilyvyyttä olisi kuitenkin hyvä selvittää enemmän.

Leväbiomassan mittaaminen

Leväbiomassan määrästä kertova a-klorofylli on tärkeä veden laadun indikaattori. Laboratorioissa analyysiä varten tarvitaan usein erillinen vesinäyte ja analyysin hinta on korkeahko, joten kustannussäästöjä syntyisi, jos käytössä olisi luotettava ja tarkka kenttämittaukseen soveltuva mittari. Järvissä olevilla pysyvillä mittaustautoilla a-klorofylliä mitataan jo melko rutiininomaisesti jatkuvatoimisilla mittareilla, jonkin verran mittareita käytetään myös kertaluonteiseen hetkelliseen mittaukseen. Leväbiomassan mittaamiseen kenttämittareilla liittyy monia tulokseen vaikutta-

via asioita, jotka on tiedostettava mittaria valittaessa ja tuloksia tulkittaessa.

Levien mittaamiseen liittyviä hyviä mittauskäytäntöjä ja mittauksen perusteita on käyty perusteellisesti läpi Huotarin ja Ketolan (2014) laatimassa oppaassa. Levämäärän mittausmenetelmä perustuu leväsoluisissa olevan a-klorofyllipigmentin fluoresenssiin, jota havainnoidaan fluorometreillä. Fluorometrejä voidaan virittää myös muiden levissä esiintyvien pigmenttien aallonpituusalueille, mikä mahdollistaa eri leväryhmien suhteellisten runsauksien arvioimisen. Erityisesti sinilevien määrästä saadaan parempia arvioita fluorometreillä, jotka mittaavat myös sinilevien sisältämien fykobiliinipigmenttien (fykoerytriini ja fykosyaniini) fluoresenssia. Monikanavaisilla fluorometreillä voidaan mitata montaa aallonpituutta samanaikaisesti. Levien fluoresenssi vaihtelee levien fysiologisen tilan ja ympäröivien olosuhteiden vaikutuksesta. Lisäksi kaikki levissä oleva a-klorofylli ei fluoresoi. Nämä kaikki on otettava huomioon verrattaessa fluorometrien antamia tuloksia laboratoriossa tehtäviin uuttoon perustuviin klorofyllimittauksiin (Arvola ym. 2014, Seppälä 2014, Seppälä ym. 2014).

On tärkeää huomata, että fluorometrin antama tulos on suhteellinen ja mittaustuloksen muuntaminen pitoisuudeksi vaatii vertailunäytteisiin eli laboratorios-

sa tehtäviin analyysihin perustuvaa kalibrointia (Ketola ym. 2014). Kalibrointi on tehtävä paikkakohtaisesti eli fluorometrin tuloksia on verrattava mittauspaikalta otettuihin vertailunäytteisiin. Klorofyllitulosten kalibroimiseksi tarvitaan vesinäytteet, mutta sinilevätulosten kalibroimiseksi tarvitaan kasviplanktonnäytteet, joista määritetään sinilevien biomassa mikroskoopilla (Huotari & Ketola 2014).

Mittareiden tulosten luotettavuuden kannalta ongelmallisena voidaan pitää havaintoa, että erityyppisten kenttäfluorometrien tulokset eivät ole aina vertailukelpoisia johtuen mm. laitteiden ja näytteiden optisista eroista (Seppälä ym. 2014). Lisäksi humuspitoisissa vesissä fluorometrin antamiin tuloksiin vaikuttaa liuennut orgaaninen aines (DOM, dissolved organic matter), minkä vaikutus on puolestaan riippuvainen lämpötilasta (Watras ym. 2011). Fluorometriä valittaessa on siis syytä kiinnittää huomiota siihen, miten ja millä periaatteilla laitteiden antamia tuloksia korjataan. Lisäksi käyttöä voi rajoittaa se, että fluorometreillä ei saada tietoa kasviplanktonlajeista, ainoastaan kokonaisbiomassasta ja parhaimmillaan joidenkin leväryhmien osuudesta kokonaisbiomassassa. Fluorometritulosten perusteella ei voida arvioida sinilevien myrkyllisyyttä, koska laite ei anna tietoa lajistosta eikä myrkkyjen määrästä.

Järvelän kosteikko. Kuva: Asko Sydänoja.



Fluorometrien paikalliskalibroinnin tarpeesta johtuen onkin syytä harkita soveltuvatko nykyiset fluorometrit levämäärien kertaluonteiseen mittaamiseen eri vesistöissä, koska mittauksen yhteydessä on joka tapauksessa otettava vesinäyte ja joissain tapauksissa myös kasviplanktonnäyte. Sen sijaan samassa vesistössä tapahtuvaan alueelliseen kartoitukseen fluorometrit voivat soveltua ja tästä on saatu kokemuksia mm. Kallavedellä. Tosin mittarin kalibrointia varten joudutaan tässäkin tapauksessa ottamaan paljon vesinäytteitä. Jatkuvatomiseen mittaamiseen fluorometrit sen sijaan näyttäisivät soveltuvan hyvin, koska silloin on mahdollista tehdä eri aikoina otettujen vertailunäytteiden perusteella luotettavat kalibrointiyhtälöt ja tulosten luotettavuus paranee mitä pidempi aikasarja on käytettävissä. Tästä on hyviä kokemuksia mm. Vesijärveltä ja Säkylän Pyhäjärveltä (Ketola ym. 2014, Lepistö ym. 2010). Tosin silloinkin on otettava huomioon mahdollinen sinilevien runsaus ja sen vaikutus fluorometrin tuloksiin.

Suomessa käyttökokemuksia on kertynyt ainakin seuraavista fluorometreistä:

- AlgaeTorch (bbe), a-klorofylli ja fykobiliini
- AquaFluor (Turner)
- BenthosTorch (bbe), päälyslievien mittaus
- MultiExciter, monikanavainen fluorometri
- TriOS MicroFlu, a-klorofylli
- YSI 600 OMS runkoon kiinnitetty YSI chl a 6025 anturi
- Muita YSI:n malleja, joihin voidaan kiinnittää a-klorofylliä ja fykobiliiniä mittaavia fluorometrejä.

Fluorometrien käytöstä saadut kokemukset ovat vaihdelleet ja onkin selvää, että mittareita on tarpeen vertailla rinnakkain hyvin suunnitellussa koetilanteessa sekä kentällä että laboratoriossa. Fluorometreillä saatuja mittaustuloksia pitää verrata myös laboratorion eri menetelmiin (fluorometrinen ja spektrofotometrinen). Deltares vertasi raportissaan 16 eri fluorometrin hintaa, painoa ja toimituksen sisältöä, mutta ei selvittänyt laitteiden tarkkuutta, antureiden laatua tai luotettavuutta. Mittareiden hinnat vaihtelivat 1 400–75 000 euron välillä. Raportissa todetaan, että mittarin valintaan vaikuttaa olennaisesti tutkimuksen tarkoitus.

Happi

Veden happipitoisuuden mittaamiseen on tarjolla useita eri kenttämittareita. Niiden käytöstä ollaan myös kiinnostuneita, kuten HALI-hankkeessa tehdystä haastattelussa ympäristönäytteenoton ja -analyysin parissa toimiville henkilöille oli tullut ilmi (Ormala & Kaukonen 2014). Haastateltavat olivat olleet käytössään olevien happimittareiden tuloksiin myös tyytyväisiä, vaikka joitain laboratorioanalyyseistä poikkeavia tuloksia olikin saatu etenkin vähähappisissa vesissä.

Kenttäkäyttöön soveltuvia happimittareita on testattu Suomen ympäristökeskuksen järjestämässä kenttämittausvertailupäivissä vuosittain vuodesta 2013 alkaen (Proffest SYKE) (Leivuori ym. 2013, Björklöf ym. 2014 & Björklöf ym. 2015). Testauksessa on ollut enimmäkseen YSI:n mittareita. HALI-hankkeessa on testattu meri- ja järvikohteissa In-Situ Inc. smarTROLL -happimittaria. Mitatuissa kohteissa laite antoi alhaisempia happipitoisuuksia kuin laboratoriossa tehty analyysit. Tulokset olivat kuitenkin vertailukelpoisia, kun otettiin huomioon happianturille annettu 10 %:n virheraja (Ormala & Kaukonen 2014). HALI-hankkeen järjestämässä Roadshow'ssa kesällä 2015 koekäytettiin hapen mittaamiseen eri ympäristöissä myös YSI Pro DSS ja YSI Pro ODO -mittareita.

Happinäyte. Kuva: Asko Sydänoja.



Nykyisin käytössä olevat happianturit perustuvat joko veteen liuenneen hapen optiseen tai sähkökemialliseen mittaukseen (Björklöf ym. 2015). Kenttämittausvertailupäivissä on havaittu, että sähkökemialliseen mittaustekniikkaan perustuneet happianturit ovat aliarvioineet happipitoisuuksia verrattuna optisiin antureihin silloin, kun mitattavassa kohteessa on ollut alhainen veden virtaus (Björklöf ym. 2014, Leivuori ym. 2013). Sähkökemialliset happianturit kuluttavat vedestä happea, joten luotettavan mittaustuloksen saaminen edellyttää veden sekoittamista silloin, kun veden virtausnopeus on alhainen (Leivuori ym. 2014). Optiset anturit ovat vakaampia rutiinikäytössä kuin sähkökemialliseen mittaukseen perustuvat laitteet.

Happiantureissa havaitut pitkät stabiiloitumisajat ovat herättäneet epäilyjä mittareiden kenttäkelpoisuudesta. Lammin kenttämittauspäivillä kevättalvella 2015 käytetyt happimittarit eivät alhaisissa happipitoisuuksissa stabiiloituneet kunnolla edes 20 minuutin mittausjakson aikana (Kahiluoto 2015). Käyttökelpoisuuden kannalta olisikin tärkeää, että mittareissa olisi käsinäyttö tai niiden mittauksia voisi muutoin seurata reaaliaikaisesti riittävän mittausajan arvioimiseksi.

Muita laitteita

Ympäristön seurantaan on tarjolla myös monenlaisia muita laitteita ja mittareita, joiden toimintaperiaatteet vaihtelevat. Suomessa on monesta vain hyvin vähän tai ei ollenkaan kokemuksia. Tässä esitellään esimerkiksi muutamia laitteita ja menetelmiä.

Secchi3000 ja iQwtr – kansalaishavainnointi

Kansalaisten tekemään näkösyvyyden havainnointiin kehitettiin Suomen ympäristökeskuksessa Secchi3000 -laite. Laite muodostuu säiliöstä, jonka yksi sivu on läpinäkyvä ja jossa on mustia ja valkoisia levyjä eri syvyydellä. Mitattava vesi kaadetaan säiliöön. Laitteen toiminta perustuu ideaan, jonka mukaan vedenlaatua voidaan selvittää ottamalla kuvia veden alla olevista värillisistä kohteista (Koponen ym. 2012, Pyhälähti 2010). Kohteiden väri muuttuu sen mukaan mitä aineita vedessä on, ja värimuutoksista voidaan laskennallisesti arvioida veden laatuominaisuuksia ja esimerkiksi humuksen määrää. Havainnoija ottaa puhelimen kameralla kuvan Secchi3000 -laitteen kannessa olevan reiän kautta ja lähettää sen Levävahvi Pro -ohjelman avulla palvelimelle, jossa lasketaan

vedenlaatumuuttujia kuvista. Laitteella voidaan mitata näkösyvyyttä (Secchi) hyvällä tarkkuudella ja muita muuttujia (sameus, kiintoaine ja humus (CDOM)) kohdalla tarkkuudella (Koponen ym. 2012, Toivanen ym. 2013).

Envibase -hankkeessa kehitetään Secchi3000-laitteesta uutta versiota (iQwtr), jonka toimintaperiaate on vastaava kuin aiemmassa laitteessa. Älypuheliin ladattavan sovelluksen avulla lähetetään kuva iQwtr-palveluun, jonka jälkeen sovellus näyttää oman havainnon näkösyvyydeksi ja sameudeksi tulkittuna. Laite oli testikäytössä pääasiassa Mikkelin seudulla kesällä 2015.

CastAway CTD-sondi

Sähkönjohtavuutta, lämpötilaa ja syvyyttä mittaavasta SonTekin CastAway CTD -sondista on kertynyt hyviä käyttäjäkokemuksia ELY-keskuksissa (POS, ESA, VAR). Laite mittaa nopeasti vesipatsaan profiilin maituista muuttujista, ja profiilia voi tarkastella laitteen näytöltä jo maastossa. Laite on pienikokoinen, erittäin helppokäyttöinen, nopea ja tiedonsiirto toimii langattomasti Bluetoothin avulla. Laitteessa on myös sisäinen GPS. Laitetta voi käyttää 100 m asti, syvyyden resoluutio on 10 cm. Sähkönjohtavuutta laite mittaa välillä 0–100 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ resoluutiolla 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lämpötilan

CastAway CTD-sondi. Kuva: Asko Sydänoja.



mittausalue on $-5-(+45)^{\circ}\text{C}$ ja tarkkuuden ilmoitetaan olevan $0,05^{\circ}\text{C}$. Laitteen hinta koetaan kuitenkin melko korkeaksi suhteessa sen käyttötarpeisiin.

Tutkimuskäytössä CTD -sondeilla on saatu kiinnostavia tuloksia mm. Pääjärvellä, jossa on seurattu vesipatsaassa tapahtuvia muutoksia ennen jäidenlähtöä ja hieman sen jälkeenkin (Salonen ym. 2014). Muita soveltuvia käyttökohteita CTD mittauksille on rannikolla, jossa voidaan seurata jokivesien leviämistä ulommas merialueelle. Myös jätevesien kulkeutuksen seurannassa laitteesta voi olla apua. Järvi- ja merisyvänteiden lämpötilaprofilointiin laite sopii myös erittäin hyvin (kuva 1, s 19).

Ympäristön seurannan automatisointia ja uusia menetelmiä käsitellyt SYKEN asettama työryhmä ehdotti vuonna 2009, että järvisyvänteiden lämpötilaluotaukset sekä merialueiden happi-, lämpötila- ja suolaisuusluotaukset toteutettaisiin jatkossa CTD-luotaimilla (Huttula ym. 2009).

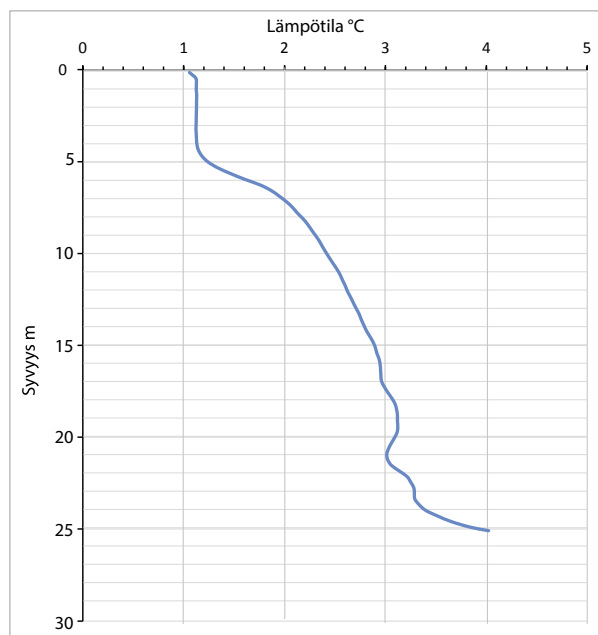
Bakteerien mittaaminen

Colifast on Norjassa kehitetty automaattinen bakteerien määrittäjäjärjestelmä (www.colifast.no). Laitteiston avulla voidaan määrittää E. colin, lämpökestoisten sekä totaalikoliformisten bakteerien määriä. Laitteistoja on käytetty juomaveden laadun seurantaan, mutta sen avulla voidaan tehdä myös kartoituksia maastossa esimerkiksi tilanteissa, kun halutaan löytää vedessä havaitun bakteerikontaminaation lähde. Colifast Field Kit on maastoon soveltuva kannettava versio järjestelmästä. Mittaustulos on käytettävissä noin kahdessa tunnissa. Laitteistosta on vielä vähän kokemusta Suomessa.

Passiivinen näytteenotto

Passiivinen näytteenotto on kustannustehokas menetelmä kerätä tietoa pitkältä ajalta. Se perustuu ilmassa tai vedessä olevien yhdisteiden diffuusioon näyteastissa olevaan adsorbenttiin. Altistus aika on tyypillisesti useita päiviä tai jopa viikkoja. Yhdisteiden määrä analysoidaan laboratoriossa ja tunnettuja diffusiokerroimia käyttäen voidaan laskea yhdisteen pitoisuus. Menetelmä sopii erityisesti haitallisten aineiden pitoisuuden määrittämiseen. Haitalliset aineet voivat esiintyä vedessä hyvin pieninä ja nopeasti vaihtelevina pitoisuuksina, jolloin perinteinen näytteenotto voi antaa niiden pitoisuudesta harhaisen kuvan (Ahkola 2012). Vedestä voidaan havainnoida mm. teollisuudesta tulevia haitallisia aineita, maatalouden torjunta-aineita

Kuva 1. CastAway CTD -sondin avulla saatu lämpötilaprofiilikuva Säkylän Pyhäjärvestä 9.3.2015.



ja lääkejäämiä. Passiivikeräimiä on kokeiltu myös ravinteiden mittaamiseen Irlannin suurista joista (Macintosh ym. 2011). Näytteenotin voidaan asentaa pintaveteen, pohjaveteen tai jäteveeteen. Passiivikeräimistä on saatu lupaavia tuloksia ainakin nonyyliifenolietoksyalaattien (NPEO) ja nonyylifenolin (NP) määrittämiseen vesistöistä (Ahkola 2012). Menetelmän kehittämiseksi tarvitaan kuitenkin vielä lisätutkimuksia.

Merentutkimuksen laitteita

Merivoimilla on ROV (removed operated vehicle), kauko-ohjattava vedenalainen työrobotti, jota on käytetty mm. Saaristomeren kanjoneiden tutkimiseen VELMU-ohjelmassa. ROV on kaapelilla kiinni aluksessa ja välittää kaapelia pitkin kamerakuvaa kulkevaltaan matkalta.

Ilmatieteen laitokselle on tulossa mataliin vesiin suunniteltu Slocum G2 liidin (glider). Hankinta on osa suomalaisen merentutkimusinfrastruktuurin FINMARIn investointiohjelmaa. Liidin eli 'glider' on miehittämätön, kauko-ohjattava laite, joka etenee itsenäisesti etukäteen ohjelmoitua reittiä pinnan ja pohjan välillä ja kerää tietoa koko vesipatsaasta. Ilmatieteen laitoksen liitimeen tulee lämpötila-, johtokyky-, happipitoisuus-, klorofylli-, sameus- ja CDOM-anturit ja toimintaa tehostava potkuri. FINMARI suunnittelee uusien laitteiden hankintaa etenkin merentutkimukseen käytettäväksi merentutkimusalus Arandalla. Laitteet ovat hyvin kalliita, joten niiden toivotaan tulevan eri organisaatioiden väliseen yhteiskäyttöön.

Kenttämittarilta vaadittavia ominaisuuksia

Kenttäkäyttöön tarkoitettujen mittarin tai laitteen ominaisuuksia on arvioitava monesta eri näkökulmasta, kun mietitään sen soveltuvuutta kulloisiinkin mittaustarpeisiin. Alla on esitetty ominaisuuksia, joita voi ottaa huomioon laitteen soveltuvuutta arvioitaessa. Lopullinen päätös mittarin tai laitteen soveltuvuudesta on aina eräänlainen kokonaisarvio, jossa toisia ominaisuuksia painotetaan enemmän kuin toisia. Esimerkiksi luonnonvesiä mitattaessa mitta-alue ja -tarkkuus muodostuvat usein jopa ratkaisevaksi tekijäksi. Aiemmat käyttäjäkokemukset ovat erittäin hyödyllisiä arvioitaessa mittarin tai laitteen soveltuvuutta omiin mittaustarkoituksiin, mutta uusien laitteiden kohdalla niitä voi olla vähän tai ei ollenkaan suomalaisista olosuhteista. Mittausten luonne vaikuttaa paljon vaadittaviin ominaisuuksiin. Pistemäiseen hetkelliseen vedenlaadun mittaukseen käytettävältä laitteelta vaaditaan hieman erilaisia ominaisuuksia kuin jatkuvatoimiseen mittaukseen käytettävältä laitteelta. Joidenkin mittareiden ominaisuudet mahdollistavat niiden sujuvan käyttämisen sekä hetkelliseen että jatkuvatoimiseen mittaamiseen.

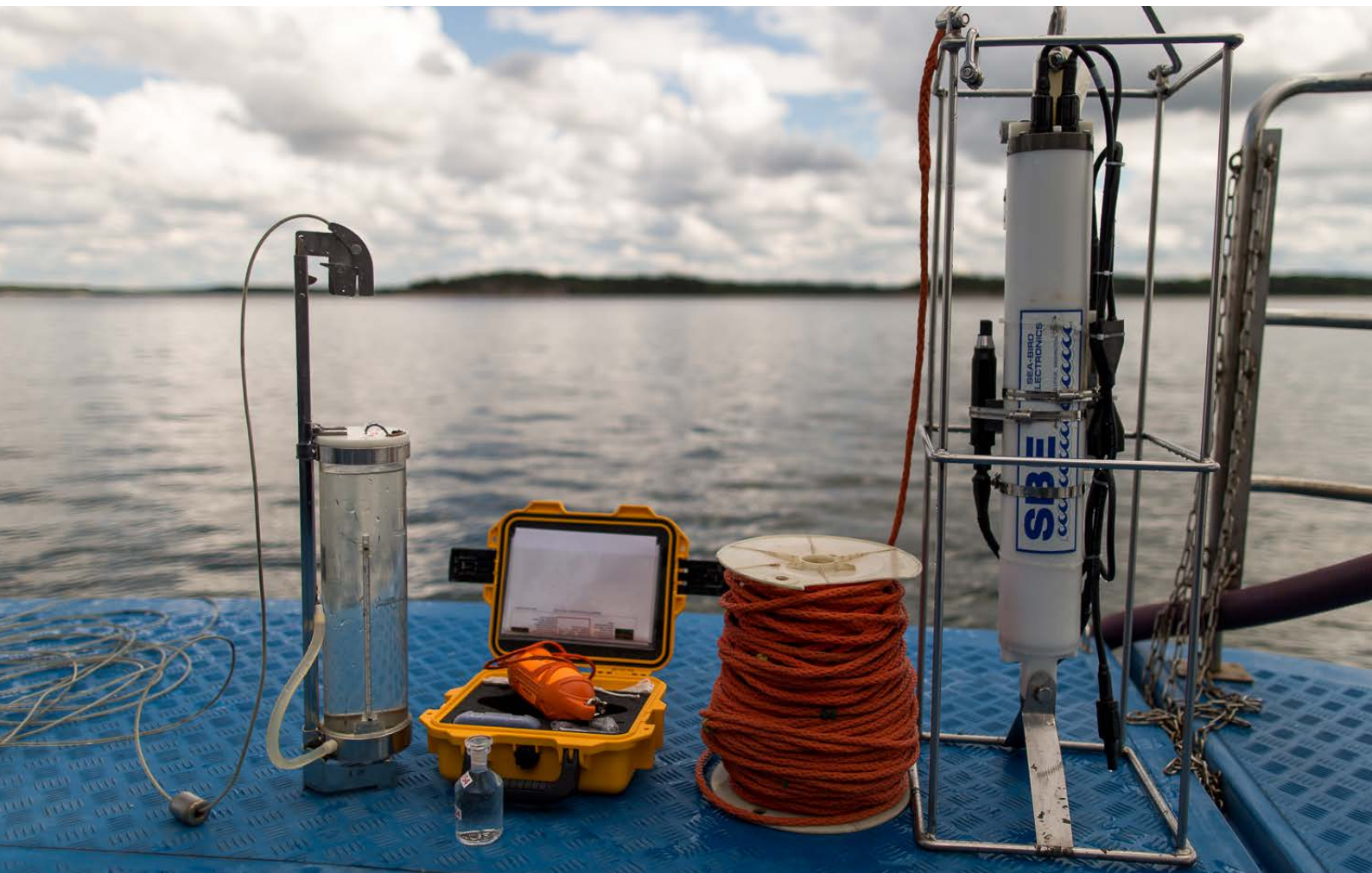
Luotettavuus ja riittävä mittaustarkkuus

- Mittaustulosten luotettavuus ja tarkkuus ovat mittarin valinnan tärkeimpiä kriteereitä. Tarkkuusvaatimuksissa on otettava huomioon erityisesti lainsäädännön vaatimukset ja ympäristöhallinnon ohjeistukset (Näykki ym. 2013).
- Luotettavuus ja mittaustarkkuus ovat tärkeitä ominaisuuksia sekä hetkellisessä että jatkuvatoimisessa mittauksessa.

Helppokäyttöisyys

- Kenttämittarin käytön tulee olla ensisijaisesti helppoa. Selkeiden ja yksinkertaisten ohjeiden avulla laitteen käyttö on opittavissa nopeasti ja myös ongelmatilanteissa ratkaisu löytyy nopeasti. Hyvin järjestetty koulutus auttaa monimutkaisempien laitteiden oikeaoppiseen käyttöön. Helppokäyttöisyyteen liittyy myös aineistojen siirron vaivattomuus mittarilta tietokoneelle sekä tietokoneella olevan ohjelmiston selkeys. Laitteiden huollon ja kalibroinnin tulee olla myös helppoa.
- Helppokäyttöisyys korostuu hetkelliseen vedenlaadun mittaukseen käytettävillä laitteilla. Jatkuvatoimisessa vedenlaadun mittauksessa muut mittarin ominaisuudet voivat nousta tärkeämmiksi.

Erlaisia näytteenotto- ja mittausvälineitä. Kuva: Asko Sydänoja.



Kenttäkelpoisuus

- Mittarin käytön on oltava turvallista kaikissa olosuhteissa, myös veneessä sekä järvellä että merellä. Kenttäkelpoisen mittarin sekä siihen mahdollisesti liitetyn käsinäytön tulisi sietää kosteutta, myös kastumista ja toimia talvella pakkasessa. Näytön tulisi näkyä myös aurinkoisella ja kirkkaalla säällä. Mittarin käytön kannalta tärkeiden hallinnointivälineiden (esimerkiksi painikkeiden, nappuloiden tms.) käytön tulisi olla helppoa kaikissa olosuhteissa. Pieni koko ja keveys ovat yleensä eduksi. Mittarin virtalähteen tulisi kestää pitkään.
- Hetkellisessä mittauksessa korostuu mittauksen nopea suoritettavuus eli mittausantureiden tulisi reagoida nopeasti mitattavaan parametriin (lyhyt stabiloitumisaika). Hetkellisessä mittauksessa käsinäyttö tai muu ratkaisu, mikä mahdollistaa mittauksen reaaliaikaisen seuraamisen auttaa mittauksen onnistumista. Jatkuvatoimiseen mittaukseen tarkoitetuissa laitteissa huollon tarvetta vähentävät ominaisuudet, kuten erilaiset automaattiset antureiden puhdistusmekanismit, parantavat mittauksen onnistumista.

Kustannustehokas

- Mittareiden hinnat vaihtelevat muutamista sadoista tuhansiin euroihin. Laitteiden käyttöikä vaihtelee, siihen vaikuttaa mm. mittausmenetelmä. Optiset anturit ovat yleensä kestäviä ja luotettavia. Maastoon sijoitettavien mittareiden osalta on huomioitava myös perustamis-, huolto- ja mahdolliset tiedonsiirtokustannukset. Kustannustehokkuuteen vaikuttaa myös tarvittavien mittauksen määrä. Mikäli mittaustarve on vähäinen, voi olla kustannustehokkaampaa teettää vesianalyysit laboratoriossa.
- Hetkellisessä mittauksessa kustannustehokkuuteen vaikuttaa mittauksen nopeus etenkin tilanteissa, joissa mittauksia pitää tehdä paljon (esimerkiksi syvänteissä vesipatsaan profilointi). Jatkuvatoimiset mittarit tuottavat arvokasta tietoa vaihtelevista olosuhteista, mutta ne voivat tulla hyvin kalliiksi. Mittauksen huolellisen suunnittelun ja kustannusarvion avulla voidaan arvioida mittauksen kannattavuutta.



Mittarin on kestävä talviolosuhteita.
Kuva: Sanna-Mari Mattila.

Korvaa aiemman mittausmenetelmän

- Uuden menetelmän tai laitteen käyttöönoton tavoitteena on yleensä tuoda kustannussäästöjä mittaukseen, lisätä tiedon määrää ja parantaa laatua. Säästöjen saaminen edellyttää, että uusi menetelmä korvaa aiemmin käytössä olleen menetelmän. Toistaiseksi tarvitaan vielä paljon vesinäytteitä ja laboratorioissa tehtäviä analyysejä mittareiden antamien tulosten laadun ja menetelmien vertailukelpoisuuden varmistamiseksi.
- Hetkellisessä vedenlaadun mittauksessa hyvän mittarin avulla on mahdollista vähentää vesinäytteiden määrää. Jatkuvatoimisessa vedenlaadun mittauksessa on yleensä tavoitteena saada ajallisesti kattavampaa tietoa kuin mitä pelkillä vesinäytteillä on mahdollista saada. Kenttämittareilla voidaan tällä hetkellä mitata luotettavasti vain muutamia muuttujia, mikä rajoittaa olennaisesti niiden käyttöä nykyisin käytössä olevien menetelmien korvaajina.

Soveltuu erilaisiin ympäristöihin

- Mittarin kustannustehokkuutta ja käyttökelpoisuutta parantaa, mikäli mittaria voidaan käyttää eri ympäristöissä, kuten järvissä, joissa ja merellä. Tämä on haaste mittareiden tarkkuudelle, koska eri aineiden pitoisuudet vaihtelevat paljon jopa samankin ympäristön sisällä.
- Jatkuvatoimisessa vedenlaadun mittauksessa mittarit valitaan yleensä mittauskohteen mukaan, mikä parantaa mittausten laatua, mutta voi rajoittaa niiden siirrettävyyttä muihin paikkoihin.

Eurajoki. Tulvat on otettava huomioon mittausaseman sijoittelussa. Kuva: Sanna-Mari Mattila.





Hiittinen. Kuva: Asko Sydänoja.

Kaukokartoitus

Satelliittikuvat

Kaukokartoituksessa kerätään tietoa satelliiteissa olevien mittalaitteiden eli instrumenttien avulla. Instrumentit havainnoivat maata yleensä usealla eri aallonpituusalueella. Instrumenttien keräämää aineistoa jalostetaan erilaisin menetelmin, jolloin saadaan tietoa kohteen ominaisuuksista. Suomen ympäristökeskus seuraa satelliittikuvien avulla a-klorofylliä, sameutta, pintalevälautoja ja pintalämpötilaa merialueella. Lisäksi seurataan lumipeitetilannetta koko Itämeren valuma-alueella ja lumen vesiarvon kehitystä Suomen alueella. SYKEN kaukokartoitustuotteet esitellään www.syke.fi/kaukokartoitus-sivustolla.

Aiemmin käytössä ollut Euroopan avaruusjärjestö ESAn ENVISAT MERIS satelliitti ei ole enää toiminnassa. Sen avulla voitiin kuvata maanpinnan kasvillisuutta, meri- ja rannikkoalueiden vedenlaatua sekä ilmakehän pilvisyyttä ja sadantaa. Sen resoluutio oli 260 m x 300 m maa- ja rannikkoalueilla. NASAn MODIS instrumentti on sen sijaan edelleen käytössä, sen resoluutio vaihtelee 250 m–1 km välillä. Suurin osa SYKEN kaukokartoitustuotteista perustuu tällä hetkellä tämän instrumentin tuottamaan aineistoon. MODIS instrumentin avulla tuotetaan SYKEssä MERIS instrumentin tuotteita vastaavia levälautta-, klorofylli- ja sameustuotteita, mutta resoluutiosyistä näitä ei ole saatavissa yhtä läheltä rantaa ja pienipiirteisestä saa-

ristosta. NOAA AVHRR satelliitteja 1 km resoluutiolla on käytetty lumitilanteen seurannan lisäksi merenpinnan lämpötilan mittauksiin.

ESA laukaisee taivaalle uuden satelliittien sarjan, Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-4/-5 ja -5P. Satelliitit tuottavat tietoa Copernicus -ohjelman käyttöön. Kuhunkin sarjaan kuuluu kaksi satelliittia. Ensimmäinen satelliitti Sentinel-1A laukaistiin keväällä 2014. Se on tutkasatelliitti, jonka avulla voidaan säistä ja vuorokauden ajasta riippumatta kuvata jäätä, lunta ja öljypäästöjä. Seuraavana laukaistava Sentinel-2A tarjoaa monikanavaista korkean resoluution kuvaa, jota voidaan käyttää maanpeitteen kartoitukseen. Kuvien avulla voidaan kartoittaa mm. kasvillisuutta, vesistöjä, rannikkoalueita sekä maan ja veden pintaa. Tuleva Sentinel 3A jatkaa MERIS satelliitin avulla aiemmin tehtyä vedenlaadun kartoitusta ja hydrologian kuvaamista. Muiden myöhemmin laukaistavien satelliittien avulla voidaan seurata mm. ilmakehää ja merenpinnan korkeutta. (Lähteenä <http://www.esa.int>).

Eri tyyppisten Sentinel satelliittien tuottamien kuvien resoluutio vaihtelee instrumenttien mukaan Sentinel-2 satelliitin korkean resoluution 10–60 m kanavien vastatessa aiempia SPOT ja Landsat-tasoisia havaintoja, Sentinel-3 OLCI instrumentin vastatessa 300 m resoluutiolla vanhoja MERIS havaintoja ja Sentinel-3 SLSTR instrumentin vastatessa 1 km NOAA AVHRR

resoluutioluokan tuotteita – kaikkia paremmalla havaintotekniikalla tuottaen. Ilmatieteen laitoksen Sodankylässä toimiva kansallinen satelliittidatakeskus toimii satelliittidatan arkistointi- ja jakelukeskuksena.

Sentinel sarjan satelliiteista tuotettu tieto on tulossa avoimeen käyttöön. Myös SYKEN niistä tekemät tulokset ovat avoimesti saatavilla. Muilla kuin tutka-satelliiteilla havaintoja rajoittaa muutamien päivien välein tapahtuvan ylilennon osalta pilvisuus ja päiväsaikaan tapahtuva kuvausaika. Pohjoisilla leveysasteillamme satelliittien peräkkäiset rataylitykset limittyvät päällekkäisinä kuvina, joten varsinainen toistojakso ja mittauksen kannalta otollisimman havaintogeometrian esiintymistiheydet vaihtelevat myös tuotekohtaisesti.

Satelliittikuvien mahdollisuudet ja haasteet

Satelliittikuvien käytön uusina mahdollisuuksina pidetään esimerkiksi tulvatilanteiden kartoitusta, öljyonttomuuksien havaitsemista ja vesirakentamisen valvontaa (ruoppauksia, väylätöitä). Niiden avulla voisi myös helpottaa maatalouden valvontaa, kuten lohkojen rajojen tarkistamista. Vesienhoidon 3. suunnittelukaudella tultaneen hyödyntämään kaukokartoitusta. Satelliittikuvien etuna on niiden helppo ymmärrettävyys, kun aineistoa jalostetaan oikein kuvalliseen esitystapaan. Lisäksi niiden avulla on helppoa ja nopeaa tarkastella laajojen alueiden tilannetta. Kuvien lisäksi aineistoa voidaan jalostaa myös muunlaiseen esitystapaan. Tästä esimerkkinä klorofyllistä tehtävät histogrammit, jotka kuvaavat aineistossa havaittua vaihtelua koko vesimuodostuman alueella koko kasvukauden ajalta.

Satelliittikuvien käyttöä rajoittanee kuitenkin tällä hetkellä ehkä eniten kuvien karkea resoluutio. Se rajaa suurimman osan sisävesistä ja joista käytön ulkopuolelle. Mikäli olisi mahdollisuus hankkia tarkemman resoluution kuvia, avaisi se uusia mahdollisuuksia paikalliseen valvontaan, vesien tilan seurantaan ja muuhun tiedontarpeeseen. Rajoitteena voidaan pitää myös sitä, että osa satelliiteista tarvitsee edelleen pilvettömän taivaan, jotta saadaan kuvia maanpinnalta. Satelliittikuvista ei myöskään ole apua monien vaarallisten tai haitallisten aineiden valvontaan. Kuvien tulokinnan tueksi tarvitaan myös vesinäytteiden tuloksia, joten kuvien käyttö ei vapauta vielä perinteisestä vesinäytteiden otosta.

Satelliittikuvien rajoitteena vesistöjen osalta voidaan pitää myös sitä, että ne kuvaavat vain vesistöjen pintakerrosta, oletusarvoisesti korkeintaan noin 1–2 ker-taisen näkösyvyyden syvyyteen. Esimerkiksi Säkylän Pyhäjärvellä MERIS satelliitin 410–710 nm aallonpi-tuuden tunkeutuvuus veteen rajoittui 0,4–1,9 metriin touko–syyskuussa 2009 (Mano ym. 2015). Pelkäs-tään satelliittikuvien avulla ei siten pystytä näkemään syvemmissä vesikerroksissa mahdollisesti kulkevia jätevesiä tai hapettomuutta. Kaukokartoituskuvia on-kin yhdistetty muiden tutkimusmenetelmien antamiin tuloksiin, jolloin voidaan selvittää myös syvempien vesikerrosten tilannetta. Merialueella saadaan tietoa esimerkiksi uusista älyviitoista, joiden anturit ovat 2 m syvyydessä sekä kauppalaivoilla tehtävistä Alg@line mittauksista. Mittauslaitteistojen kokoonpano vaih-telee eri laivoilla (klorofylli a, sameus, fykosyaniini, suolaisuus, lämpötila sekä liuennut orgaaninen hiili CDOM). Lisäksi tehdään analyysejä mm. kasviplank-tonlajistosta ja ravinteista. Vuonna 2015 mittauksia tehdään yhteensä kuudella eri reitillä, joiden satamia ovat Aarhus, Travemünde, Tukholma, Maarianhami-na, Kemi, Oulu, Tallinna, Kotka ja Helsinki (<http://www.syke.fi/hankkeet/algaline>).

Kaukokartoitustuotteiden laajempaa käyttöä on ehkä hidastanut loppukäyttäjien tietämättömyys kaukokartoitustuotteista ja epäilykset niiden käyttökelpoi-suudesta. Loppukäyttäjille suunnattujen kyselyiden tulosten pohjalta on ehdotettu loppukäyttäjien pereh-dytyskoulutusta kaukokartoitustuotteiden käyttöön (Huttula ym. 2009).

Ilmakuvaus

Kaukokartoitusta tehdään myös ilmakuvien avulla, joita voidaan ottaa lentokoneista, helikoptereista ja miehittämättömistä lennokeista tai pienoishelikoptereista. Kuvatarpeista riippuen valittavaksi tulee yleensä viis-tokuva, pystykuva tai videokuvaukset. Tässä yhteydessä käsitellään vain miehittämättömiä laitteita. Yleisesti käytetyllä lyhenteellä UAV (unmanned aerial vehicle) tarkoitetaan miehittämätöntä ilmassa liikkuvaa laitetta, kun taas UAS (unmanned aircraft system) tarkoittaa koko järjestelmää sisältäen mm. maa-aseman. Nykyään kaupallisia kuvauspalveluita on tarjolla jo melko paljon.

Miehittämättömien laitteiden lennätyksessä on huomioitava ilmailusäännökset, joissa määrätään mm. etäisyydestä lennättäjään, lentokorkeudesta ja kuvauskieltoalueista. Säännöksiin on syytä perehtyä ennen kuvauksia.

Matalalla lentävistä laitteista voidaan ottaa tarkkoja kuvia, joten niille on nähtävissä monenlaisia käyttötarkoituksia. Etäohjattavalla pienoishelikopterilla otettuja ilmakuvia käytettiin esimerkiksi Oulussa sijaitsevan Pyykösjärven kasvillisuuden kartoitukseen (Riihimäki & Hellsten 2014). Ilmakuvien avulla on mahdollista määrittää kasvilajeja, mutta määrittäminen edellyttää aiem-

paa tietoa alueella esiintyvistä lajeista (Husson 2012). Ilmakuvien käyttö erilaisissa valvontatehtävissä, kuten ruoppausten seurannassa, voi olla myös mahdollisuus.

Miehittämättömien laitteiden käyttöä rajoittaa usein tuuli tai sade. Kuvauksia suunniteltaessa on myös hyvä ottaa huomioon laitteiden lentoaika, mikä voi olla melko lyhyt. Kuvatiedostojen iso koko voi olla myös ongelma, mutta tehokkaalla tietokoneella ja asianmukaisilla kuvankäsittelyohjelmilla kuvien käsittely onnistuu. Kuvia on mahdollista saada myös paikkaan sidottuina, jolloin kuvatiedostoihin tallentuvat myös koordinaatit.

Kuva: Asko Sydänoja



Aineistojen laadunvarmistus

Yleistä

Ympäristötiedon laadun pitää olla hyvä jo lainsäädännönkin asettamien vaatimusten johdosta, mutta myös siksi, ettei vaaranneta kansalaisten oikeusturvaa tai tietoisuutta elinympäristön tilasta (Mutanen ym. 2015). Tästä esimerkkinä vesistöjen tilaluokittelu, jolla on oikeudellisia vaikutuksia toiminnanharjoittajien ympäristölupakysymyksiä ratkottaessa. Siten on tärkeää, että luokittelun perusteena oleva tieto on riittävän luotettavaa.

Ympäristön tilan seurannan strategiassa 2020 otetaan laadunvarmistukseen kantaa toteamalla, että seurantatietojen oikeellisuus ja luotettavuus on tärkeää, sillä tietoja käytetään paikallisten erojen ja ajallisten muutosten selvittämiseen. Tiedon laatuun vaikuttaa koko näytteenoton ja mittauksen ketju. Näytteenoton laadun varmistamiseksi on luotu ympäristönäytteenottajien henkilösertifiointijärjestelmä, jota ylläpitää Suomen ympäristökeskus. Pätevyydellä tarkoitetaan sitä, että henkilö tuntee tälle toiminnalle asetetut yleiset laatuvaatimukset ja että hänellä on järjestelmän mukaiset tiedot ja taidot. Sertifiointi han-

kitaan erikoistumisaloittain, joista vesistöseurantoihin osallistuvilla näytteenottajilla yleisin on ”vesi- ja vesistönäytteet” -erikoistumisalan pätevyys. Hydrologisen seurannan havaintoja ja mittauksia tekeviltä edellytetään ”hydrologisen seurannan kenttätyöt” (mm. vedenkorkeus, virtaama, jään paksuus sekä havaintoasemien perustamiseen ja kunnostamiseen liittyviä töitä).

Vertailulaboratoriotoiminta varmistaa, että laboratoriot ovat luotettavia ja laadullisesti korkeatasoisia. Vertailulaboratoriot järjestävät pätevyyskokeita (ProfTest SYKE) ja kalibrointipalveluja. SYKE vastaa vesiympäristön kemiallisten analyysien kalibrointipalveluista ja toimii kansallisena vertailulaboratoriona. Alun perin laboratorioille suunnattu ENVICAL SYKEN julkaisema MUKit (Measurement Uncertainty Kit) tietokoneohjelma auttaa mittausepävarmuuden arvioinnissa. Laskenta perustuu Nordtest 537 -raporttiin (Magnusson ym. 2012). MUKit-ohjelma on maksuton vapaan lähdekoodin helppokäyttöinen työkalu, joka sujuvoittaa mittausepävarmuuden arviointia. Cleen Oy/MMEA -hankkeessa on kehitelty kenttämittareille soveltuvaa MUKit versiota.

Vedenlaatumittarin puhdistus. Kuva: Asko Sydänoja.



Ympäristön tilan seurannan strategiassa todetaan myös, että ”siirryttäessä käyttämään uusia analyysi- ja seurantamenetelmiä tai -tekniikoita on tuotettuja tuloksia verrattava aiemmin käytetyn menetelmän tuloksiin ja todettava tilastollisesti luotettavalla tavalla tulosten vertailtavuus sekä varmistettava menetelmän soveltuvuus tarvittavaan tutkimukseen ja raportointiin. Uusien seurantamenetelmien ja -tekniikoiden laadunvarmistuksen soveltuvuus on arvioitava ennen niiden käyttöönottoa. Soveltuvuustiedot on oltava seuranosta vastaavien henkilöiden käytettävissä ennen uuden menetelmän tai tekniikan laaja-alaista käyttöönottoa.”

Mutanen ym. (2013) ottivat raportissaan esille näkökulman, jonka mukaan eri asiakkaille voidaan tuottaa tietoa eri menetelmillä ja erilaisella tarkkuustasolla. Edelleen tiedon laatu riippuu käytetystä menetelmästä, joita ovat 1) perinteinen näytteenotto ja laboratorioanalyysit, 2) automaattiseurantalaitteet, 3) kaukokartoitus, 4) kenttämittarit, 5) koulutetut havait-sijat ja 6) kansalaisten havainnot.

Kenttämittariaineistojen laadunvarmistus

Mittausten suunnittelu ja toteutus

Aineistojen laadunvarmistus lähtee tutkimusten ja mittausten huolellisesta suunnittelusta, minkä avulla voidaan valita oikeat laitteet ja menetelmät tarvittavan tiedon tuottamiseen. Laitteet ja mittarit tulisi valita tutkittavan vesistön ominaisuuksien perusteella, jotta tulosten luotettavuus ja tarkkuus olisivat riittävät. Tämä varmistetaan ennakotiedon ja taustatietojen kartoituksen perusteella, jota saadaan esimerkiksi vesinäytteiden avulla. Pidemmäksi aikaa yhteen paikkaan sijoitettavien jatkuvatoimisten vedenlaatumittareiden kohdalla on myös valittava kohteeseen parhaiten sopiva antureiden puhdistusmenetelmä (pyyhkimet, harjat, paineilmapuhdistus). Mittalaitelhankintojen kilpailutus vaatii usein paljon pohjatietoa tutkimusympäristöstä ja perehtyneisyyttä erilaisiin mittareihin.

Mittareilla saatavien aineistojen laadunvarmistuksen seuraavassa vaiheessa kiinnitetään huomiota maastossa tehtäviin toimiin. Jatkuvatoimisen vedenlaatumittarin tuottaman aineiston laatuun vaikuttaa mittauspaikan valinta, mittarin asennustapa maastoon

Vedenlaatumittarin paineilmapuhdistukseen tarvittavan kompressorin huoltoa. Kuva: Asko Sydänoja.



sekä huollon toimenpiteet, mittarin kalibrointi ja vertailunäytteet. Reaaliaikainen tiedonsiirto mahdollistaa jatkuvan laadun tarkkailun, mutta se edellyttää, että mittauspaikka on GSM verkon alueella. Mittauspaikkaa valittaessa on otettava huomioon myös työturvallisuus, jotta mittareiden huolto on vaivatonta ja turvallista. Mittareiden huoltoon liittyy mittarin virransaannin turvaaminen (paristot, akut, sähköliittymä) ja erilaiset puhdistustoimenpiteet. Huoltoväli riippuu mitattavasta kohteesta, mutta avovesikaudella huoltotehtäviin on varauduttava lähes viikoittain myös silloin, kun mittareissa on automaattisia puhdistusmekanismeja. Antureihin voi puhdistuksesta huolimatta kertyä biologista kasvustoa, eliöitä ja roskia, mitkä häiritsevät mittausta. Virran mukana saattaa ajautua kasvillisuutta tai muuta ainesta peittämään mittaria tai muuten häiritsemään mittausta. Aineistojen laadunvarmistuksen myöhemmissä vaiheissa riittävillä muistiinpanoilla on usein ratkaiseva merkitys. Mittareita tulee kalibroida laitetoimittajan ohjeiden mukaisesti, mutta tilannetta on seurattava mahdollisen tiheimmän kalibrointitarpeen havaitsemiseksi. Lisäksi tarvitaan vertailunäytteitä, jotta voidaan varmistua mittarin antamisen tulosten oikeellisuudesta. Vertailunäytteitä pyritään ottamaan eri virtaamatilanteista ja yleisesti ottaen niitä tarvitaan sitä enemmän mitä enemmän vedenlaadussa on vaihtelua.

Asiantunteva aineistojen käsittely

Mittariaineistojen tarkastus on aina välttämätöntä, sillä aineisto voi sisältää eri tekijöistä johtuvia virheellisiä mittauksia. Näiden tunnistaminen vaatii asiantuntevasta tutkittavasta vesistöstä, mittarin ominaisuuksista ja mitattavan muuttujan mittauspaikkakohtaisesta vaihtelusta. Lisäksi aineistossa esiintyvien virheiden havaitsemista ja niiden syiden selvittämistä helpottaa, jos käsittelijällä on omakohtaista maastokokemusta mittareista. Aineiston laadunvarmistus voi olla manuaalista, puoliautomaattista tai automaattista. Manuaaliseen laadunvarmistukseen kuuluu aineiston silmäilyä numeerisessa ja graafisessa muodossa. Automaattiasemien käyttökokemuksista tehdyn kyselyn perusteella suurin osa (71 %) aineistojen laadunvarmistuksesta tehtiin graafisesti (Huttula ym. 2009). Tämä on mahdollista silloin, kun asemien määrä on vähäinen. Seurattavien asemien määrän kasvaessa tarvitaan automaattista aineistojen laaduntarkastusta helpottamaan virheellisten mittausten havaitsemista. Silloin voidaan käyttää mm. puuttuvien havaintojen testausta, raja-arvotestejä epäilyttävien tai väärin arvojen

havaitsemiseen, konsistenssitesteillä voidaan tarkistaa vastaavatko kahden muuttujan havainnot toisiaan entuudestaan tunnetulla tavalla. Aineiston ryömimistä eli arvojen epäilyttävää kasvamista on yleensä melko vaikea korjata ja tällaisissa tilanteissa aineisto joudutaan usein hylkäämään. Erilaisilla hälytyksillä voidaan heti puuttua aineistossa ilmeneviin ongelmiin ja tehdä tarvittaessa tarkistuskäynti maastoon. Automaattisesta laadunvarmistuksesta ja vikahälytysjärjestelmästä on saatu kokemuksia mm. Karjaanjoen mittausverkosta tulevan aineiston tarkistamisessa (Huitu 2009). Jatkuvatoimisen sameusmittauksen ja levämäärien mittauksen hyvistä mittauskäytännöistä ja aineiston käsittelystä on laadittu hyvät ohjeistukset (Arola 2012, Huotari & Ketola 2014).

Mittariaineistojen käsittelyyn löytyy aloittelijalle ohjeita Tattari ym. (2015) julkaisemasta käytännön oppaasta, mutta aineistojen laadunvarmistuksen edelleen kehittämiseksi tarvitaan vielä lisäohjeistusta. Tällä hetkellä mittauksia toteuttavilla tahoilla on omia käytäntöjään ja kriteereitään hyväksyttävälle ja hylättävälle aineistolle. Laadunvarmistuksen ohjeistaminen edistäisi myös mittariaineistojen hyväksyttävyyttä julkisiin rekistereihin.



Kuva: Asko Sydänoja

Aineistojen sijainti ja avoimuus

YMPÄRISTÖÄ KOSKEVAA TIETOA KÄYTTÄVÄT HALLINNON LISÄKSI MONET TUTKIMUSLAITOKSET SEKÄ LUKUISAT ALUEELLISET TOIMIJA, KUTEN KUNNAT, KALASTUSALUEET, KONSULTIT JA KANSALAISET. TIEDON SAATAVUUDESTA JA AVOIMUUDESTA HYÖTYVÄT SITEN MONET ERI TAHOT.

Hydrologiset havainnot sekä perinteiseen vesinäytteenottoon nojautuva ympäristöhallinnon vesien tilaa koskeva seurantatieto on enimmäkseen avointa ja kaikkien nähtävissä Oiva -järjestelmän kautta. Myös Suomen ympäristökeskuksen kaukokartoitustuotteet ovat vapaasti tarkasteltavissa www.syke.fi/kaukokartoitus -sivustolla. Sen sijaan jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien tai muiden kenttämittareiden tuottamaa aineistoa on hyvin vaihtelevasti nähtävillä eri tietokannoissa. Osa on viety ympäristöhallinnon sisäisiin tietokantoihin (esim. Hydrotempo), mutta paljon on aineistoja, joita ei ole viety mihinkään tietokantaan.

Ympäristöhallinnon tietojärjestelmät vaativat vielä paljon kehittämistyötä, jotta ne voisivat ottaa sujuvammin vastaan reaaliaikaista tai mittareiden tuottamaa tietoa. Jotta rekistereihin menevä tieto olisi luotettavaa, tulisi myös laadunvarmistuksen olla kunnossa.

Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien aineistoa on myös ympäristöhallinnon tietojärjestelmien ulkopuolella, osittain avoimesti nähtävillä. Tästä esimerkkinä Varsinais-Suomen ELY-keskuksen jokivesistöissä sijaitsevien vedenlaadun mittausasemien tulokset Luode Consulting Oy:n datapalvelussa. Myös Säkylän Pyhäjärven mittauslautan tuottamaa tietoa on voinut katsoa vapaasti osoitteessa: <http://www.i3.ymparisto.fi/i3/sakylapyhajarvi/sakylapyhajarvi.htm>.

Hallinnon ulkopuolisten jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien aineistojen avoimuus vaihtelee suuresti. Jyväskylän ja Konneveden lautoilta tuleva tieto on avoimesti nähtävillä www.paijanne.org -sivuston kaut-

ta. Usein projekteissa toteutettujen jatkuvatoimisten mittauksen aineistot ovat vain projektin toteuttajan ja yhteistyökumppaneiden käytössä. Projekteissa tuotettu aineisto on usein luonteeltaan tilapäistä seurantaa, esimerkiksi vesiensuojelutoimenpiteen vaikuttavuuden seurantaa.

Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien aineistot ovat siis hajallaan eri järjestelmissä ja tietokannoissa, mikä rajoittaa tiedon yhteiskäyttöä ja tehokasta hyödyntämistä. Jatkuvatoimisten mittausasemien sijainnista ei myöskään ole kootusti tietoa. Vuonna 2015 käynnistynyt kolmivuotinen Envibase -hanke on ympäristöön ja luonnonvaroihin liittyvien tietojen avaamista, yhtenäistämistä ja käyttöä edistävä tietojärjestelmähankke (<http://www.ymparisto.fi/envibase>). Hankkeen tavoitteena on avata ympäristöhallinnon tietoa-aineistoja, nykyaikaistaa ympäristön tilan seurantaa, vähentää päällekkäisiä tietojärjestelmiä ja helpottaa tiedon käyttöä. Hankkeessa luotavat työkalut perustuvat pääasiassa paikka-, satelliitti- ja lajitietoon sekä kansalaisten luonto- ja ympäristöhavaintoihin. Työssä pyritään huomioimaan myös vesienhoidon tarpeet.

Kentällä käytettävien mittareiden ja laitteiden tuottamat tiedot ovat valmistajan määrittelemissä tiedostomuodoissa ja tietoja ladataan enimmäkseen valmistajien omien ohjelmien kautta tietokoneelle. Suurena haasteena tietojen kootulle keräämiselle onkin eri muodossa olevien tietojen ja tiedostojen yhteensopivuus. Mittausaineistojen automaattinen siirtyminen kentältä suoraan tietokantoihin vaatii vielä huomattavaa kehittämistyötä. Lisäksi on ratkaistava keiden tuottama aineisto voidaan hyväksyä julkisiin tietokantoihin eli mitä vaatimuksia asetetaan tiedontuottajille. Miten varmistetaan tiedon oikeellisuus ja laatu? Kaikille aineistoille tulee tehdä laaduntarkastus, joten onko julkista sekä raakadata että käsitelty data vaiko vain käsitelty data? Miten suhtaudutaan aineistojen tekijänoikeuksiin, onko etenkin hallinnon ulkopuolisilla tiedon tuottajalla oikeus saada korvausta tiedon kaupallisesta hyödyntämisestä? Asetetaanko aineistojen avoimuudelle rajattuja käyttöäoikeuksia? Onko ammattilaisilla pääsy koko aineistoon ja kaikille avoimena on vain laatuvarmistetut aineistot?

Aineistojen tulee julkishallinnon digitaalisten tietoa-aineistojen saatavuudesta tehdyn periaatepäätöksen mukaan olla avoimesti saatavilla ja uudelleenkäytävissä yhtenäisin, selkein ja kaikille tasapuolisin ehdoin. Tiedon avaamisessa on aina huolehdittava siitä, etteivät yksityisyydensuoja, liikesalaisuudet, tekijänoikeudet, kansallinen turvallisuus tai muut vastaavat periaatteet ja oikeudet vaarannu.



Pohjaeläinnäytteenottoa. Kuva: Asko Sydänoja.

Uusien menetelmien käyttökelpoisuus käytännön työssä

UUSIA LAITTEITA JA MENETELMIÄ ON KEHITELTY KAUAN HYDROLOGIAN JA VEDENLAADUN MITTAAMISEN LISÄKSI MYÖS VESIEN BIOLOGISEN TUTKIMUKSEN TARPEISIIN, KUTEN KALOJEN, POHJAELÄINTEN, KASVIPLANKTONIN TAI VESIKASVIEN RUNSAUDEN JA LAJISTON TUTKIMISEEN.

Seurattaessa vedenlaatua esimerkiksi vesiensuojelutoimenpiteiden toimivuuden arvioimiseksi jatkuvatoimiset vedenlaatumittarit voivat olla hyvä ratkaisu. Alueellisesti laajoihin vedenlaadun kartoituksiin voi sen sijaan soveltua paremmin hetkelliseen mittaukseen tarkoitetut laitteet tai jopa kaukokartoitusmenetelmät. Tässä tarkastellaan melko yleisellä tasolla joidenkin tällä hetkellä käytössä tai kokeilussa olevien uusien laitteiden ja menetelmien käyttökelpoisuutta pintavesien tilan luokitteluun, velvoitetarkkailuihin ja mallintamisen tarkoituksiin. Laitteiden kehittyessä ja käytökokemusten lisääntyessä voidaan tulevaisuudessa saada uusia välineitä moneen käytännön työhön.

Pintavesien tilan luokittelu

Pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokittelussa käytetään sekä biologisia, fysikaalis-kemiallisia että hydrologis-morfologisia laatutekijöitä (Aroviita ym. 2012).

Biologisia laatutekijöitä ovat kasviplankton, vesikasvit, päälylslevät, pohjaeläimet ja kalat. Järvien kasviplanktonin tilan luokittelu perustuu a-klorofyllipitoisuuteen, kokonaisbiomassaan, haitallisten sinilevien prosenttiosuuteen ja TPI-indeksiin (kasviplanktonin trofiaindeksi) (Aroviita ym. 2012). Kasviplanktonin biomassaa voidaan epäsuorasti arvioida esimerkiksi klorofyllimittareiden avulla. Kasviplanktonin tutkimiseen on Jyväskylän yliopistossa kokeiltu myös kuvantavia sytometrejä eli solujen lukumäärän tai niiden ominaisuuksien mittaamiseen tarkoitettuja laitteita, mutta menetelmä vaatii vielä paljon kehittelyä.

Ekologisen tilan luokittelussa ei käytetä tietoja eläinplanktonista, mutta Itä-Suomen yliopistossa (Joensuu) on kokeiltu eläinplanktonlaskentoihin optis-

ta planktonlaskijaa (OPC, optical plankton counter) (Rahkola–Sorsa ym. 2010). Sen käyttö ei ole kuitenkaan vielä yleistynyt.

Järvien vesikasvien tilan luokittelussa hyödynnetään tietoa lajistosta, mikä on asiantuntijatyötä edellyttävää maastossa tapahtuvaa määrittästyötä. UAV-kuvausten avulla voidaan helpottaa kasvillisuuskartoitusten tekemistä.

Päälyysleväyhteisön tilan luokittelu perustuu piilevyhteisössä esiintyviin taksoneihin, mikä on asiantuntijatyötä edellyttävää määrittästyötä. BenthosTorch (bbe Moldaenke) -fluorometri on tarkoitettu pinnoilla olevan päälyyslevästön mittaamiseen ja sen avulla saadaan tietoa sinilevien, viherlevien ja piilevien määrästä. Laitteen käytöstä on saatu hyviä kokemuksia, mutta laite tunnistaa vain pintakerroksen. Paksusta biofilmistä jää siten osa tunnistamatta. Laitteen soveltuvuuden arviointi eri ympäristöihin vaatii vielä lisätutkimuksia (T. Nokela, suullinen tiedonanto).

Pohjaeläinten tilan luokittelu edellyttää myös asiantuntijatyötä vaativaa lajiston määrittästyötä. Pohjaeläinten tunnistamiseksi on SYKEN Jyväskylän yksi-

kössä tehty töitä hahmontunnistukseen perustuvan menetelmän parissa. Tässä on kuitenkin vielä paljon kehitettävää, jotta hahmontunnistuksesta olisi korvaamaan perinteistä määrittästyötä.

Kalaston tilan luokittelussa tarvitaan tietoja biomassasta, lukumäärästä, särkikalojen biomassaosuuksista ja indikaattorilajeista. Tiedot kerätään pääasiassa verkkokoekalastuksilla. Riittävän tarkan kalastotiedon hankintaan ei ole käytettävissä uusia vartenotettavia teknologioita. Biologinen seuranta on perinteisesti hyvin käsityövaltaista, minkä takia myös sen kustannukset ovat hyvin korkeat.

Fysikaalis-kemiallisista tekijöistä käytetään pintavesityypistä riippuen ensisijaisesti kokonaisfosforia, kokonaistyyppiä, näkösyvyyttä ja pH:ta. Ammoniumtyyppiä, kemiallista hapenkulutusta, happea ja hygienian indikaattoribakteereita käytetään luokittelussa apumuuttujina. Näistä pH:n, hapen ja kemiallisen hapenkulutuksen mittaamiseen on käytettävissä uusia menetelmiä niin jatkuvatoimisten vedenlaatumittareiden kuin liikuteltavien laitteidenkin muodossa edellyttäen, että laitteiden tarkkuus ja luotettavuus on varmistettu. Kokonaisfosforin osalta ei ole vielä käytettävissä anturia, mutta se voidaan johtaa sameu-

Kalastusta. Kuva: Asko Sydänoja.



desta edellyttäen, että vaste on merkitsevä. Tämä vaatii aina paikkakohtaista erillistä tarkastelua. Koko-naistyyppi voidaan johtaa nitraatista, mikäli vaste on merkitsevä. Näkösyvyyden mittaaminen edellyttää Secchi-levyä. Bakteereiden riittävän tarkkaan analysointiin tarvitaan vielä laboratorioita.

Hydrologis-morfologisen tilan arviointiin käytettävien muuttujien laskentaan tarvitaan tietoa mm. pinnan korkeudesta ja virtaamanvaihteluista. Tarvittavan tiedon hankinta on jo nyt monin paikoin automatisoitu, vaikkakin mittalaitteiden yhdenmukaistamista pitää vielä edistää.

Kemiallisen tilan luokittelussa tarvitaan tietoa haitallisista aineista, joista monien analysointi edellyttää laboratorioilta erikoisosaamista. Haitallisten aineiden seuranta edellyttää jatkossa vielä pitkälti näytteisiin perustuvaa laboratorioanalytiikkaa, jonka kustannukset voivat olla huomattavan korkeat. Lisäksi valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista asettaa käytettävälle analyysimenetelmille tiukat vaatimukset. Markkinoilla on jonkin verran kenttäolosuhteisiin tarkoitettuja menetelmiä ja tekniikoita esimerkiksi kelluvien öljykalvojen havaitsemiseen sekä metallien, hiilivetyjen ja haihtuvien

orgaanisten yhdisteiden (VOC) mittaamiseen, mutta niiden käyttökelpoisuudesta seurantojen tai velvoitetarkkailujen tarpeisiin on vielä vähän tietoa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että uusilla laitteilla ja menetelmillä voidaan tällä hetkellä mitata luotettavasti vain joitakin muuttujia, joita voidaan käyttää vesistöjen fysikaalis-kemiallisen ja hydrologis-morfologisen tilan arvioinnissa. Luokitteluun tarvittava tieto kerätään enimmäkseen vielä perinteisten menetelmien avulla. Biologisessa seurannassa lähinnä kasviplanktoniin liittyvää tietoa voidaan kerätä uusien laitteiden avulla (klorofylli, sinilevät), muutoin biologisen tiedon hankinnassa ollaan vielä pitkälti riippuvaisia perinteisistä menetelmistä.

Velvoitetarkkailut

Toiminnallinen seuranta eli velvoitetarkkailut tuottavat merkittävän osan vesistöjen seurantatiedosta. Velvoitetarkkailujen määrässä on kuitenkin suuria alueellisia eroja. Myös tarkkailua edellyttävät toiminnot eroavat toisistaan, esimerkiksi Lounais-Suomen merialueella tehdään paljon kalankasvatuksen vesistövaikutuksiin liittyvää tarkkailua.

Tällä hetkellä vesistöjen velvoitetarkkailuissa on vielä edellytetty melko vähän uusien menetelmien käyttöä, mutta tiedon, käytettävyyden ja asiantunteumuksen kasvaessa niiden käyttö tulee todennäköisesti lisääntymään. Mittareilla ei vielä saada tarpeeksi tietoa vedenlaadusta, joten niiden rinnalla tarvitaan joka tapauksessa perinteistä vesinäytteenottoa. Jatkuvat toimimiset mittareita voidaan harkita esimerkiksi toiminnanharjoittajien kuormitushuippujen tarkentamiseksi, mikäli paikka ja olosuhteet ovat mittarille soveltuvat. Kaukokartoituksen mahdollisuudet velvoitetarkkailussa ja valvonnassa ovat lupaavat etenkin, jos saadaan käyttöön tarkemman resoluution kuvia. Valvonnassa olisi hyötyä luotettavista ja nopeasti toimivista käsikäyttöisistä mittareista, joita voisi käyttää etenkin poikkeustilanteissa. Esimerkiksi CTD -sondilla on mahdollista jäljittää jätevesipäästöjä, jolloin voidaan optimoida vesinäytteiden ottopaikat ja -syvyydet. Muissakin tilanteissa mittareita voidaan käyttää juuri näytteenoton optimointiin. Toiminnanharjoittajien maksamassa velvoitetarkkailussa menetelmien kustannustehokkuus ja seurattavien muuttujien tarve sekä tiedon luotettavuus ovat tärkeitä käytön kriteerejä.

Velvoitetarkkailujen ohjeistus on osin vanhentunut (Vuoristo 1992) ja ohjeistuksen kehittämistä teh-

Kuva: Asko Sydänoja



däänkin parhaillaan eri hankkeissa esimerkiksi kalan- kasvatukseen liittyen. Velvoitetarkkailuissa voidaan lisätä uusia menetelmiä etenkin, jos menetelmien käytettävyyden paraneen ja niillä saadaan enemmän tietoa vedenlaadusta. Tällä hetkellä niiden käyttöönottoa rajoittavat myös korkeat kustannukset.

Ympäristöhallinnon vesistöseurannan jatkamisen tarve tulee harkittavaksi alueilla, joilla velvoitetarkkailu on loppunut tai tulee loppumaan esimerkiksi siksi, että jätevesien käsittelyä keskitetään suurempiin yksiköihin. ELY -keskuksilla tulisi olla riittävästi resursseja seurannan jatkamiseksi näillä alueilla.

Mallintaminen

Ympäristön seurannan automatisointia ja uusia menetelmiä käsitellyt projektiryhmä ehdotti, että pitkällä tähtäimellä (2008–2020) vesistöjen seurantojen automatisointia laajennettaisiin merkittävästi ja lisäksi seurantojen painopistettä siirrettäisiin nykyisistä perinteisistä menetelmistä automatisoinnin kautta kuormitusmallien käyttöön (Huttula ym. 2009). Malleilla pystytäänkin jo melko hyvin laskemaan kuormituksia toisin kuin pitoisuuksia, joiden laskeminen on osoittautunut haasteellisemmaksi. Vesistöjen seurannan tueksi soveltuvia malleja ovat mm. vesistömallijärjestelmä, huuhtoumamallit, järvi- ja jokimallit sekä kaukokartoitusmallit (Huttula ym. 2009).

Mallien käyttö vaatii vielä paljon mittaustietoa ympäristöstä. Jatkuvatoimiset vedenlaatumittarit tuottavat ajallisesti hyvin kattavaa tietoa, jonka käyttö malleissa parantaisi niiden tarkkuutta ja luotettavuutta. Mallinnustyö tarvitsee kuitenkin vielä paljon perinteisistä vesinäytteistä saatavaa tietoa etenkin muuttujista, joita ei vielä voida ollenkaan tai luotettavasti mitata mittareilla tai laitteilla suoraan maastossa. Mallien käyttöä rajoittaa suuresti se seikka, että lähelläkään sijaitsevia valuma-alueita ei pystytä yleensä mallintamaan ilman uutta paikkakohtaista kalibrointia. Tämä kuvastaa mallien prosessikuvausten puutteellisuutta. Mallien tarkkuuden ja luotettavuuden parantaminen edellyttäisikin myös mallien prosessikuvausten kehitystyötä ja mahdollisesti niiden tueksi tarvittavia joko laboratorio- tai kenttäkokeita.

Vesistöjen seurannassa ei tällä hetkellä oteta vielä mallintajien tietotarpeita huomioon. Mallien kannalta olisi hyvä seurata joitakin tarkoin valittuja valuma-alueita intensiivisesti, jolloin malleja voitaisiin testata riittävällä aineistolla. Automaattiset mittausasemat voisivat yhdessä muun seurannan kanssa parantaa

malleissa tarvittavaa tiedon alueellista tai ajallista edustavuutta. Seurantojen vähentämisen yhteydessä olisikin hyvä muistaa myös mallinnuksen tarpeet ja huolehtia jäljelle jäävillä seurantapaikoilla riittävää seurannasta silloin, kun paikan tuloksia käytetään myös mallinnuksessa.

SYKEssä panostetaan tällä hetkellä monien mallien kehitystyöhön, mutta pitäisi panostaa myös mallien luotettavuuden arviointiin, jolloin mallitulosten yhteydessä voisi esittää myös epävarmuustarkasteluja. Myös mallien tarvitseman tiedon laatuun ja määrään pitäisi kiinnittää enemmän huomiota.



Saaristomeri. Kuva: Asko Sydänoja.

Uusien menetelmien soveltuvuus eri ympäristöihin Varsinais-Suomen ELY-keskuksen toimialueella

VARSINAIS-SUOMEN ELY-KESKUKSEN ALUEELLA TOTEUTETTAAN SEURANTAA, VELVOITETARKKAILUA JA LUPAVALVONTAA MONENLAISISSA VESISTÖISSÄ – JÄRVISSÄ, JOISSA, MERIALUEELLA JA POHJAVESISSÄ.

Vesistöissä tehdään hydrologisia havaintoja ja seurataan sekä vedenlaatua että biologisia muuttujia (kartat 1 – 7). Lounais-Suomen vesistöille on ominaista virtaamia tasaavien järviäiden vähäisyys, mikä näkyy jokien voimakkaina virtaamavaihteluina. Monet alueen joista ovat myös savisameita. Lounais-Suomen suurin järvi on Säkylän Pyhäjärvi, joka laskee Eurajokea pitkin Selkämereen. Rikkonaisella Saaristomerellä saarten koko ja määrä vähenee siirryttäessä kohti ulkosaaristoa. Saaristomerellä voidaan erottaa eri vyöhykkeitä, sisä-, väli- ja ulkosaaristo. Pohjavesivarat esiintyvät pääasiassa jäätikön sulamisvaiheen aikana syntyneissä hiekka- ja sora muodostumissa.

Pintavesien suurimpana ongelmana on liian suuren ulkoisen kuormituksen aiheuttama rehevöityminen. Suurena haasteena on etenkin maataloudesta tulevan hajakuormituksen vähentäminen. Ulkoisen kuormituksen seurauksena myös Saaristomeri on rehevöitynyt.

Ilmastomuutoksen vaikutukset näkyvät ensimmäisenä lounaisessa Suomessa. Tämä on jo näkynyt leutoina talvina ja vesistöjen virtaamien ja ravinnekuor-

mituksen suurena vuosien ja vuodenaikojen välisenä vaihteluna. Ilmastomuutoksen etenemisen ja vaikutusten seuraamisen kannalta pitkäaikaiset seurannat ovat erittäin tärkeitä. Havainnot auttavat ennakoimaan tulevaisuuden kehitystä myös muualla Suomessa.

Lounais-Suomen vesistöjen moninaisuus vaikuttaa mm. perinteisen vesinäytteenoton käytännön järjestylihin ja asettaa uusien menetelmien käytölle haasteita, mutta myös mahdollisuuksia.

Joet

Nykytilanne:

Varsinais-Suomen ELY-keskuksen vahvuutena on pitkäaikainen kokemus jatkuvatoimisten vedenlaatumittareiden käytöstä jokiseurannoissa. Mittareita on yhteensä 6 kpl, joista viisi on merkiltään S::CAN ja yksi YSI (tilanne keväällä 2015). Kaikki mittarit ovat ELY-keskuksen omia, tiedonsiirto ja datapalvelu on tilattu Luode Consulting Oy:ltä. Vanhin asema on ollut käytössä vuodesta 2009 asti. Mittausasemien sijaintipaikat on esitetty kartassa 7 ja mittauspaikkakohtaisia tarkempia tietoja taulukossa 1.

Taulukko 1. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen mittausasemien sijainti vuonna 2015, mitattavat muuttujat ja mittausten aloitusvuosi.

Mittauspaikka	Muuttujat	Aloitusvuosi
Eurajoki (Kuurnämäki, Eura)	lämpötila, pinnankorkeus, sameus, nitraattityppi, liuennut orgaaninen hiili (DOC) ja orgaaninen kokonaishiili (TOC), happi ja sähkönjohtokyky *	2013
Eurajoki (Vuojoen kartano, Eurajoki)	lämpötila, sameus ja nitraattityppi	2009
Yläneenjoki (Yläne)	lämpötila, pinnankorkeus, sameus ja nitraattityppi	2012
Aurajoki (Halinen, Turku)	lämpötila, pinnankorkeus, sameus ja nitraattityppi	2009
Loimijoki (Rutavan pato)	lämpötila, pinnankorkeus, sameus ja nitraattityppi	2009

*Kohteessa on kaksi mittaria (S::CAN ja YSI).

Yläneenjoen asemaa lukuunottamatta kaikissa kohteissa voidaan laskea sameudesta kiintoaineen ja kokonaisfosforin pitoisuuksia sekä nitraattitypestä kokonaistypen pitoisuuksia. Yläneenjoen aseman aineistosta voidaan laskea vain kiintoaineen ja kokonaistypen pitoisuuksia. Mittareiden tuottamaa aineistoa on käytetty kiintoaine-, nitraattityppi- ja kokonaisfosforikuormituksen laskemiseen Aurajoessa, Eurajoessa ja Loimijoessa (Vartiainen ym. 2014). Eurajoen Kuurnämäen asema on noin 1,5 km jätevedenpuhdistamon purkuputken alapuolella. Aseman tuottamaa aineistoa on käytetty paljon jätevedenpuhdistamon poikkeustilanteiden seurannassa. Aseman happianturi paljasti kesällä 2014 myös joen heikentyneen happitilanteen, mikä oli osasyynä joessa esiintyneisiin kalakuolemiin.

Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella on myös SYKEN jatkuvatoimisia vedenlaatumittareita Hirvijoessa (Nousiainen), Laajoessa (Mynämäki) ja

Savijoessa (Lieto). Näissä kohteissa mitataan S::CAN laitteilla, ja tiedot siirtyvät osittain SYKEN Hydrotempo-tietokantaan. Monissa Pyhäjärvi-instituutin hankkeissa on mitattu jokien ja etenkin pienten uomien vedenlaatua jatkuvatoimisilla vedenlaatumittareilla. Niiden avulla on tarkennettu mm. Yläneenjoen sivu-uomista tulevaa kuormitusta sekä arvioitu eri vesiensuojelutoimenpiteiden vaikuttavuutta. Pyhäjärvi-instituutilla on myös FlowTracker virtaamamittari, jota on käytetty pienten uomien virtaamien mittaamiseen. Turun ammattikorkeakoululla on ollut mittaustoimintaa mm. Aurajoen sivu-uomissa.

Hamarinkosken ja Saarenjärven pohjapatojen rakentamisen tarkkailuvelvoitteeseen sisällytettiin rakennustöiden aikainen kiintoaineen määrän seuranta joessa. Seuranta toteutettiin jatkuvatoimisten sameusmittareiden avulla, jolloin sameuspitoisuudet muutettiin laskennallisesti kiintoaineeksi.



Paimionjoki. Kuva: Asko Sydänoja.



Enäjärvi. Kuva: Asko Sydänoja.

Mahdollisuudet ja haasteet:

Jokien vedenlaadussa on suurta vuosien ja vuodenaikojen välistä vaihtelua, joten jatkuvatoimisten vedenlaatumittareiden avulla olisi mahdollista saada enemmän ja tarkempaa tietoa kuormituksesta. Lounaisen Suomen suurimpiin jokiin olisikin suositeltavaa asentaa lisää mittareita, mikäli olemassa olevien vesinäytetulosten perusteella ensin varmistetaan jokien soveltuvuus jatkuvatoimiseen vedenlaadun ja edelleen kuormituksen arviointiin. Mahdollinen uusi mittauskohde voisi olla esimerkiksi Paimionjoki, joka on Saaristomereen laskevista joista suurin kuormittaja.

Jatkuvatoimisesta vedenlaadun seurannasta on saatu hyviä kokemuksia vesirakentamisen valvonnassa ja yhdistettynä reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon sen käyttöä voisi vielä lisätä. Velvoitetarkkailuissa jokiin kohdistuvan kuormituksen seurannassa uusia menetelmiä kannattaakin hyödyntää. Tällä hetkellä käytössä oleviin jatkuvatoimisiin vedenlaatuasemiin voi myös harkita uusien mittausantureiden lisäämistä. Hydrologisiin seuranta-asemiin voisi joissain kohteissa liittää myös jatkuvatoimista vedenlaadun seurantaa. Tämän edistämiseksi seuranta-asemien tiedonsiirtoyksiköissä olevien vapaiden kanavien käyttöä ja yhteensopivuuden teknisiä edellytyksiä vedenlaatuantureiden tuottaman tiedon siirtämiseen kannattaa selvittää tarkemmin.

Jatkuvatoimisen vedenlaadun mittauksen turvaamisen ja laajentamisen haasteena on jo lähitulevai-

suudessa vesistöseurantoihin käytettävien resurssien huomattava väheneminen. Mittaustoiminnan ulkoistamiseen liittyy mittareihin liittyvän erityisosaamisen vaatimus. Mittarit tarvitsevat sekä säännöllistä asiantuntevaa huoltoa maastossa että mittariaineistojen tarkasteluun ja käsittelyyn perehtynyttä henkilöä.

Järvet

Nykytilanne:

Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella on uusiin menetelmiin perustuvaa aktiivista mittaustoimintaa ainakin Säkylän Pyhäjärvestä ja Littoistenjärvestä. Pyhäjärvestä on ollut avovesikaudella vuodesta 2008 alkaen SYKE:n ylläpitämä mittaustautta (Lepistö ym. 2008 ja 2010) (kartta 7). Lautta oli ensin järven syvänteiden alueella, josta se siirrettiin vuonna 2010 järven eteläosaan noin kilometrin päähän Yläneenjoen suulta. Lautan siirrot, huollot ja vertailunäytteiden otto ovat hoitaneet Pyhäjärven järvelastajat yhteistyössä Pyhäjärvi-instituutin kanssa. Lautalta on mitattu ainakin pintaveden lämpötilaa, sameutta, nitraattia, klorofylliä ja sinilevien määrää. Lisäksi lautalle on asennettu sääasema, joka antaa tietoja ilman lämpötilasta, sadannasta, ilman kosteudesta, tuulen nopeudesta ja suunnasta sekä ilmanpaineesta. Lautan aineistot siirtyvät suoraan SYKE:n palvelimelle ja viimeisen vuorokauden aineisto on ollut vapaasti kaikkien nähtävissä.



Säkylän Pyhäjärvi. Kuva: Marjo Tarvainen.

Koko aineisto on SYKEN Hydrotempo -tietokannassa. Keväällä 2015 tehdyn kyselytutkimuksen (Kallio & Lepistö 2015) mukaan lautan aineistoja on käytetty mallinnukseen, prosessitutkimukseen, vedenlaadun tilannekuvan tarkasteluun (klorofylli-a ja sinilevät) täydentämään muuta seurantatietoa sekä satelliittikuvien validointiin. Sääaseman tietoja ovat hyödyntäneet etenkin paikalliset veneilijät. Lauttaa ja sen ylläpitoa on rahoitettu eri lähteistä.

Pyhäjärvi on ollut kaukokartoituskohteena mm. SYKEN Catch_Lake hankkeessa (Lepistö ym. 2010). Satelliittikuvien tulkinnessa käytettiin apuna lautan mittaamia vedenlaatutietoja. MERIS-satelliitin kuvista laskettiin Pyhäjärven veden sameutta ja klorofylliä (Koponen ym. 2010). Kaukokartoituskuvien avulla voidaan laatia teemakarttoja koko vesialueesta, joista nähdään vedenlaatu järven eri osissa. Pyhäjärven aineistoja käytetään paljon myös erilaisten mallien kehittäelytyössä. Lisäksi Pyhäjärvellä tehdään korkeatasoista kansallista ja kansainvälistä tutkimusta hyödyntäen monipuolisesti erilaisia tutkimusmenetelmiä.

Turun ammattikorkeakoulu on seurannut fluorometrillä sinilevätilannetta mm. Littoistenjärvessä avovesikaudella ja tulokset ovat olleet avoimesti nähtävillä Luode Consulting Oy:n datapalvelussa. Sinilevien määrän ilmaisemiseen on käytetty varoitusjärjestelmää, jossa vihreällä, keltaisella ja punaisella värillä kerrotaan sinilevien runsaudesta. Vihreä ilmoittaa

vähäistä, oranssi kohtalaista ja punainen runsasta sinilevien määrää. Köyliön Kuninkaanlähteen kuivatuksessa ja ruoppauksessa käytettiin lähteen alapuolisen vedenlaadun työnaikaiseen seurantaan jatkuvatoimista sameusmittaria kesällä 2015.

Mahdollisuudet ja haasteet:

Jatkuvatoimisen vedenlaadunmittauksen kustannukset ovat melko korkeat, joten taloudelliset resurssit rajoittanevat järvilautta –tyyppisten ratkaisujen laajempaa käyttöönottoa alueen järvissä. Järvien vedenlaadun perusseuranta nojautunee jatkossakin vielä pitkään perinteisiin vesinäytteisiin, joita tarvitaan myös mahdollisen mallintamisen tarpeisiin. Liikuteltavat laitteet ja mittarit voivat korvata osan laboratorioanalyyseistä etenkin, jos mittauksen laatu saadaan vastaamaan vaatimuksia. Lähitulevaisuudessa mahdollisia mittareilla mitattavia muuttujia voisivat olla mm. happi ja sähkönjohtokyky. Mittareilla tehtävien mittausten tueksi voidaan erityistilanteissa ottaa vesinäytteet tulosten varmistamiseksi, esimerkiksi hapettomilta vaikuttavista vesikerroksista. Luotaavien mittareiden tuloksia voidaan käyttää myös vesinäytteiden kohdentamisen apuna eli näytteet otetaan vain vesikerroksista, joissa on havaittavissa vedenlaadunmuutosta

(Kuva vas.) Happinäytteitä Saaristomereltä.
Kuva: Asko Sydänoja.

Selilän automaattinen vedenlaadun mittausasema.
Kuva: Marjo Tarvainen.

esimerkiksi sähkönjohtavuuden perusteella. Näin voidaan säästää laboratoriokuluissa. Tällaisissa tilanteissa näytesyvyyksien perusteena oleva tieto tai tulokset pitää kirjata muistiin. Kaukokartoituksen mahdollisuudet rajoittunevat tällä hetkellä vain isoimpiin järviin, kuten Säkylän Pyhäjärveen. Mikäli saadaan käyttöön tarkemman resoluution kuvia, voidaan myös pienempien vesimuodostumien tilaa seurata paremmin.

Pyhäjärven lautan aineistojen käytöstä tehdyn kyselytutkimuksen mukaan aineistoja voisi hyödyntää enemmän esimerkiksi mallien ja kaukokartoitusmenetelmien kehittämisessä (Kallio & Lepistö 2015). Lisäksi Pyhäjärvellä ehdotettiin mitattavaksi lisää eri muuttujia, kuten hydrologisia muuttujia (virtausnopeus ja -suunta, aallonkorkeus). Lautalle tulisi tehdä pidemmän ajan tutkimusohjelma, varmistaa rahoitus ja miettiä kohteen liittämistä kansainvälisiin verkostoihin (GLEON, NETLAKE).

Merialue

Nykytilanne:

Seilin saaren pohjoispuolella on automaattinen vedenlaadun mittausasema, jossa seurantaa toteuttaa Turun ammattikorkeakoulu yhteistyössä Turun yliopiston Saaristomeren tutkimuslaitoksen, Ilmatieteen laitoksen ja muiden FINMARI-yhteistyökumppaneiden kanssa. Asema on ollut toiminnassa vuodesta 2006 saakka. Poijualustalla oleva asema mittaa veden lämpötilaa, suolaisuutta, happipitoisuutta, sameutta sekä

klorofylli- ja sinileväpitoisuutta. Mittauksia tehdään pinnasta (2m) pohjaan (40m) metrin välein neljä kertaa päivässä. Mittaustulokset ovat avoimesti nähtävissä osoitteessa: <http://saaristomeri.utu.fi/odas/>

Utön saarella on merentutkimusasema, joka tuottaa jatkuvaa tietoa merestä, meren pinnalta ja ilmasta. Asema on toteutettu Ilmatieteen laitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen yhteistyönä. Asemalla käytetään uusia laitteita, joista osa on vasta ensimmäistä kertaa Suomessa pysyvästi mereen asennettuina. Laitteet keräävät tietoa mm. aallokon korkeudesta, suunnasta, pinnan virtauksista, meriveden hiilidioksidipitoisuudesta, happitilanteesta, ravinteista ja meriveden kerrostuneisuudesta. Aineistojen avulla saadaan tietoa meren ja ilmakehän vuorovaikutuksesta. Utössä mitataan myös ilmakehän pienhiukkasia, kasvihuonekaasujen pitoisuuksia, alailmakehän virtauksia sekä tuulta, lämpötilaa ja näkyvyyttä. Utön aseman keräämien tietojen avulla odotetaan saatavan lisätietoa myös leväkukintojen muodostumista säätelevistä tekijöistä. Utön Ilmakehän ja merentutkimusaseman nettisivut: en.ilmatieteenlaitos.fi/uto

Lounais-Suomen ympäristökeskus (nykyinen Varsinais-Suomen ELY-keskus) asensi vuonna 2000 Saaristomeren merivartioston ulkovartiolaiva Telkään veden laadun automaattisen seurantalaitteiston, joka mittasi a-klorofylliä (fluorometri, Turner Designs Inc.), lämpötilaa ja sähkönjohtokykyä (erillinen anturi, Aanderaa Instruments A/S) (Suominen 2003). Laitteistoon kuului myös automaattinen näytteenotin, jolla saatiin vertailunäytteitä laboratorioanalyysijä varten. Jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla saatiin



entistä parempi kuva Saaristomeren pintaveden laadusta, vaikka laitteiston tarkkuus ei vastannutkaan laboratoriomenetelmien tarkkuutta. Mittaukset lopetettiin 2000-luvun alkupuolella, koska toiminnan ylläpito osoittautui kalliiksi ja aineistolle ei ollut riittävästi käyttöä.

Kalankasvatuksen velvoitetarkkailussa on myös kokeiltu uusia menetelmiä. Merialueen ruoppausten velvoitetarkkailuissa on hyödynnetty jatkuvatoimista sameuden seurantaa. Uudenkaupungin syväväylän ruoppauksen sameusvaikutuksia seurattiin jatkuva-toimisilla vedenlaatumittareilla. Rauman syväväylän tulevan ruoppauksen tarkkailusuunnitelmaan on sisällytetty jatkuvatoimista sameuden seurantaa sekä työnaikaista sameuden kartoitusta.

Mahdollisuudet ja haasteet:

Perusseuranta nojautunee vielä pitkään perinteisiin vesinäytteisiin. Samoin kuin järvissä liikuteltavia laitteita voidaan käyttää näytteenoton tukena ja apuna näytteiden kohdentamisessa vesikerrokseen, joissa on nähtävissä vedenlaadunmuutoksia. Kenttämittareita voidaan käyttää myös alueellisen vaihtelun, kuten happitilanteen, kartoittamiseen. Älypöijujen tarpeellisuutta ja mahdollisuuksia voisi selvittää Saaristomeren osalta. Älypöijuissa perinteisiin väyläviittoihin yhdistetään antureita, jotka mittaavat esimerkiksi veden lämpötilaa, aaltojen korkeutta, sinilevien ja öljyn määrää. Tällä hetkellä näitä on käytössä jo ainakin Helsingin edustalla.

Samoin kuin muissakin ympäristöissä myös merialueella tapahtuvissa velvoitetarkkailuissa etenkin veden samentumista aiheuttavaa toimintaa voidaan seurata jatkuvatoimisilla mittareilla yhdistettynä reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon.

Merialueella kaukokartoituksen mahdollisuudet ovat parhaat. Satelliittikuvien avulla voidaan kartoittaa esimerkiksi levätilannetta ja pintaveden lämpötilaa. Tosin on huomattava, että satelliittikuvien avulla saadaan tietoa vain veden pintakerroksesta eli syvänteiden tilannetta tulee jatkossakin seurata muilla laitteilla ja vesinäytteillä.

Saaristossa liikkuminen asettaa omat haasteensa näytteenotolle ja mittaamiselle. Merellä liikkuminen edellyttää merikelpoista venekalustoa ja hyviä veneilytaitoja, jotta liikkuminen olisi turvallista. Aikataulujen laatimisessa on myös otettava huomioon vaihtelevat sääolot, joiden johdosta näytteenottoon ei välttämättä päästä aiottuna päivänä.

Pohjavedet

Nykytilanne

Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella on noin 300 I ja II luokan pohjavesialuetta, joista yli 40 on nimetty riskialueiksi. Riskialueeksi nimeämisen taustalla on pääasiassa ollut liukkauden torjunnasta johtuva korkea kloridipitoisuus tai pohjavedestä löytyneet torjunta-aineet. Pohjavesistä on löytynyt myös öljyhiilivetyjä, raskasmetalleja, liuotinaineita ja korkeita nitraattipitoisuuksia. Lounais-Suomessa on lähes 30 pohjavesialuetta, joiden vedenlaadusta ei ole riittävästi tietoa tilan tai riskien arvioimiseksi. (Mäkinen 2014)

Pohjavesialueilla seurataan yleisesti ottaen sekä pohjavesien määrää että laatua. Pohjavesien pinnankorkeutta mitataan havaintoputkista, mutta osa pinnankorkeusmittauksista on jo automatisoitu. Automaattista on hyödynnetty esimerkiksi Oripään Myllylähteellä ja Kankaanpään Kuninkaanlähteellä, joissa on mittapatoon perustuva reaaliaikainen virtaamaseuranta. Lisäksi käytössä on dataloggereita, jotka puretaan pari kertaa vuodessa. Pohjavesien laatua seurataan pääasiassa muutaman kerran vuodessa otettavien vesinäytteiden avulla lähteistä, kaivoista ja havaintoputkista. Laadullista seurantaa tehdään automaattisesti kohteessa, jossa on vaarana meriveden tunkeutuminen pohjaveteen, jonka havaitsemiseksi mitataan pohjaveden sähkönjohtavuutta.

Mahdollisuudet ja haasteet:

Pohjaveden laadun vaihtelu on hyvin vähäistä verrattuna pintavesiin. Aineiden pitoisuudet ovat yleensä niin alhaisia, etteivät uusien mittausten menetelmien mittaustulokset ja tarkkuudet välttämättä riitä. Alueilla, joissa haitalliset aineet ovat pilanneet pohjaveden laadun, voivat pitoisuudet kuitenkin olla korkeita. Monille laatu pilaaville aineille, kuten torjunta-aineille, ei kuitenkaan ole olemassa uusia kenttäkäyttöön soveltuvia menetelmiä. Laadun automaattisen seurannan lisääminen on mahdollista, jos mittausten avulla saadaan viitteitä laadussa tapahtuvista muutoksista. Tiedon avulla voidaan nopeuttaa tarkempien vesianalyysien tekemistä. Pohjavesien määrällisessä ja laadullisessa seurannassa uusien menetelmien avulla voi olla mahdollisuuksia, joiden selvittämistä kannattaisi tutkia tarkemmin.



Kuvat: Asko Sydänoja

Kustannukset ja hankintavaihtoehdot

KUSTANNUKSIA JA HANKINTAVAIHTOEHTOJA TARKASTELLAAN LÄHINNÄ ERILAISTEN JATKUVATOIMISEEN TAI HETKELLISEEN VEDENLAADUN MITTAUKSEEN TARKOITETTUIJEN LAITTEISTOJEN JA MITTAREIDEN OSALTA.

Kustannukset

Laitteistojen ja mittareiden hankinnasta ja käytöstä syntyy luonnollisesti kustannuksia. Hankintakustannukset ovat yleensä melko hyvin arvioitavissa, mutta etenkin pysyvämmiin maastoon sijoitettavien asemien käytöstä aiheutuvia kustannuksia usein aliarvioidaan eikä olla varauduttu yllättäviin kustannuksiin.

Mittauksen kustannuksia:

- Mittausten suunnittelu ja koordinointi
- Laitekustannukset
- Laitteen asennuskustannukset (sijoitettaessa laite pidemmäksi aikaa maastoon)
- Huollon ja vikojen korjauksen kustannukset
- Kalibrointikustannukset
- Vertailunäytteet
- Tiedonsiirtokulut
- Aineiston käsittely ja raportointi

Laitteiden hinnat vaihtelevat paljon, muutamista sadoista jopa kymmeneen tuhansiin euroihin. Laitekustannuksia arvioitaessa on otettava huomioon myös laitteen ja siihen liitettävien antureiden arvioitu käyttöikä. Maastoon sijoitettavan mittarin asennuskustannukset vaihtelevat hyvin paljon riippuen valittavasta asennusratkaisusta. Pienissä uomissa mittari voidaan yksinkertaisimmillaan laittaa suoraan uomaan tai sijoittaa kevyeen telineeseen, mutta jokikohteissa on syytä yleensä rakentaa laituri ja järeämpiä kiinnitysratkaisuja.

Maastoon sijoitetun mittarin huollot aiheuttavat merkittäviä palkka- ja matkakustannuksia. Huoltojen aikaväliä ei voi aina ennakolta tietää, siihen vaikuttaa sekä mittausympäristö että vuodenaika. Tulosten vertailtavuuden vuoksi on välttämätöntä ottaa vesinäytteitä laboratorioanalyysyä varten. Näytteiden määrä riippuu mitattavista muuttujista eli tarvitaanko vain tason tarkistusta silloin tällöin (esim. CTD) vai vesistö- ja paikkakohtaista kalibrointia (esim. a-klorofylli), jolloin näytteiden määrä voi nousta suureksi. Vertailunäytteiden määrä riippuu myös mittausympäristöstä ja vuodenaikasta. Järvikohteissa vertailunäytteiden tarve ei ole yleensä yhtä suuri kuin jokikohteissa, joissa

vedenlaadun suuremman vaihtelun vuoksi tarvitaan myös enemmän näytteitä. Näytteitä tarvitaan talvikaudena vähemmän, koska vedenlaadun vaihtelu on silloin normaalisti vähäisempää kuin avovesikaudella.

Tiedonsiirtokulut riippuvat käytettävästä operaattorista ja mahdollisesta konsultin datapalvelun hinnoittelusta. Jatkuvatoimisia mittareita käytetään myös ilman reaaliaikaista tiedonsiirtopalvelua, jolloin aineistot siirretään mittarista suoraan tietokoneelle esimerkiksi huoltokäyntien yhteydessä. Laittevalmistajilla on omia ohjelmistoja sekä aineistojen siirtoon mittarista tietokoneelle että aineistojen tarkasteluun. Jos käytössä on useiden eri valmistajien mittareita, lisää se luonnollisesti aineistojen käsittelyyn kuluva aika eri ohjelmistoihin. Aineiston käsittelyyn kuluva aika riippuu mm. mitattavista muuttujista ja niiden herkkyydestä erilaisille häiriöille. Lämpötila- ja sähkönjohtokykymitaukset ovat yleisesti ottaen melko luotettavia, mutta sameustiedot vaativat huolellista tarkistusta. Mittaus-toiminnan kustannuksiin vaikuttaa myös laitetoimittajan tarjoama tuki ja palvelu. Hyvä ja nopea tuki auttaa selvittämään eteen tulevat ongelmat nopeasti ja lyhentää siten mittaustaukojen pituutta.

Kaiken kaikkiaan mittareiden käytön kustannuksia on hankalampi arvioida kuin perinteisen vesinäytteenoton kustannuksia. Vesinäytteenotossa käytetään vakiintuneita näytteenottovälineitä ja laboratoriodien analyysihinnat tiedetään tarkasti. Laitteistojen ja mittareiden osalta ei sen sijaan vielä ole käytössä vakiintuneita laitteita, lukuunottamatta ehkä jatkuvatoimista vedenlaadunmittausta. Tarkempi huoltojen ja vertailunäytteiden määrä selviää usein vasta varsinaisen mittaustoiminnan aikana. Mittaustoimintaan osallistuvien henkilöiden asiantuntemus ja perehtyminen käytettäviiin laitteisiin auttaa varmistamaan sen, että saatava mittaustieto on laadukasta ja hyväksyttävää. Samoin kuin perinteisen vesinäytteenoton yhteydessä niin myös laitteistojen ja mittareiden käytöstä syntyy suuria henkilöiden palkkakustannuksista.

Yleisesti ottaen etenkin jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien käyttökustannukset nousevat usein korkeiksi. Niiden perustamista onkin syytä harkita tarkoin etenkin, kun ne eivät vielä voi täysin korvata perinteistä vesinäytteenottoa. Olisi syytä tehdä kustannustarkasteluja, joiden pohjalta voitaisiin optimoida eri kohteisiin sopivat tiedonkeruumenetelmät eli minkä verran tukeudutaan esimerkiksi vesinäytteenottoon ja missä määrin otetaan käyttöön uusia menetelmiä.

Hankintavaihtoehdot

Mittauslaitteiden hankintaan on olemassa useita eri vaihtoehtoja.

- laitteen hankinta omaksi
- vuokraus / leasing
- yhteiskäyttö / laitepankki
- ulkoistaminen

Mittauslaitteen hankkiminen omaksi on useissa tapauksissa perusteltua. Mikäli tiedossa oleva käyttötarve on kuitenkin väliaikainen, on kalliimpien laitteiden osalta järkevää harkita vuokrausta. Joissain tapauksissa projektirahoituksen ehdot voivat sanella hankinnan muodon. Laitetoimittajat tarjoavat jonkin verran leasing sopimuksia pankkien kautta. Leasing tarkoittaa irtaimen käyttöomaisuuden pitkäaikaista vuokraamista. Leasing soveltuu tilanteisiin, kun hankittavat laitteet ovat nopeasti arvonsa menettäviä, ja kun toimija ei halua sitoa varojaan omistamiseen. Laitteiden käytön edistämiseksi on ehdotettu niiden yhteiskäyttöä tai laitepankkia, mikä voisi olla hyvä keino laskea kynnystä uusien laitteiden kokeilemiseen. Tällöin laitteiden hankintaan ei tarvitsisi heti sitoa vähäisiä taloudellisia resursseja. Tällaisen järjestelyn avulla olisi myös mahdollista saada arvokasta tietoa niiden soveltuvuudesta erilaisiin ympäristöihin. Tässä mallissa pitäisi varmistaa myös laitteiden riittävä käyttöopastus.

Mittaustoiminnan ulkoistaminen on myös varteenotettava vaihtoehto etenkin tilanteissa, joissa mittaustarve on tilapäinen eikä toimijalla ole omaa mittaustukseen liittyvää osaamista ja asiantuntemusta. Ulkoistaminen voi olla myös osittaista, esimerkiksi jatkuvatoimisten vedenlaatumittareiden huollon ostaminen paikalliselta taholta, jolla on jo kokemusta mittareista tai joka perehdytetään huolellisesti huollon toimenpiteisiin. Hydrologiseen seurantaan osallistuu jo nyt paljon paikallisia toimijoita ja kansalaisia, jotka ilmoittavat havaintotiedot suoraan Suomen ympäristökeskukselle. Havainnoitsijoille maksetaan pieni korvaus. Mittaustoiminnan ulkoistamisen yhteydessä on sovittava selvä vastuunjako eli kenen tehtävänä on huolehtia mistäkin asiasta, sekä varmistettava sujuva tiedonkulku eri tahojen kesken. Kenttämittareiden käyttäjien pätevyyden ja riittävän osaamisen varmistamiseksi on ehdotettu koulutusta osana näytteenoton henkilösertifiointikoulutusta tai täydentävänä koulutuksena. Uusien teknologioiden ja mittareiden käytöstä on tällä hetkellä vielä melko vähän kokemusta

sekä tilaajilla että monilla vesistöseurantoja tarjoavilla konsulteilla, mikä voi hidastaa uusien menetelmien laajempaa käyttöönottoa toimintojen ulkoistamisen yhteydessä.

Ympäristön tilan seurannan strategia 2020 ottaa kantaa seurantojen rahoitukseen. Sen mukaan pitkäjänteinen ympäristön tilan seuranta ei voi pohjautua ulkopuoliseen hankerahoitukseen, sillä tämän kaltainen rahoitus on epävarmaa, lyhytjänteistä ja painopisteet voivat vaihdella vuosittain. Pitkäaikaisen ympäristön tilan seurannan tulisi tapahtua budjettirahoituksella. Ulkopuolisella hankerahoituksella voidaan esimerkiksi testata uutta mittaustekniikkaa ja selvittää siihen liittyviä tutkimuskysymyksiä.



Seilin automaattista vedenlaadun mittausasemaa ylläpidetään useiden toimijoiden yhteistyönä. Kuva: Marjo Tarvainen.

Toimijoiden välinen yhteistyö

VESISTÖJEN SEURANNASSA TEHDÄÄN JA TARVITAAN LAAJAA ALUEELLISEN JA KANSALLISEN TASON YHTEISTYÖTÄ, VAIKKA ERI TASOJEN TIEDON TARPEET OVATKIN OSITTAIN ERILAISET.

Aluetasolla seurantatieto voi olla arvokasta esimerkiksi velvoitetarkkailutyössä tai yksittäisen vesistön kunnostushankkeen vaikutusten arvioinnissa. Kansallisella tasolla tarvitaan tietoa mm. raportointivelvoitteiden täyttämiseksi Euroopan unionin suuntaan. Seurannoissa on mukana monenlaisia organisaatioita - tutkimuslaitoksia, viranomaisia, konsultteja, yhteisöjä, kansalaisjärjestöjä ja yksittäisiä kansalaisia.

Alueellinen yhteistyö

Paikallistuntemus vallitsevista oloista ja seurantahistoriasta on tärkeää sekä perinteisen näytteenoton että uusilla mittalaitteilla mitattujen tulosten luotettavuuden ja käyttökelpoisuuden kannalta. Paikallistuntemus lisää myös maastotöiden ja etenkin vesillä liikkumisen

työturvallisuutta. Merellä liikkumiseen tarvitaan erikoisosaamista ja näytteenotto on sovittava sääolosuhteiden mukaan turvallisesti.

Vesistöseurannoissa Varsinais-Suomen ELY-keskus tekee alueellista yhteistyötä mm. Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:n, Pyhäjärvi-instituutin, Saaristomeren tutkimuslaitoksen ja merivartioston kanssa. Yhteistyö sisältää palveluiden ostoa, jatkuva-toimisten vedenlaatuasemien huoltoa ja virka-apuna kuljetusta uloimmille merialueen näytteenottopisteille. Lisäksi yhteistyötä tehdään paikallisten kuntien kanssa ja ympäristövahinkotilanteissa aina tilanteen mukaan eri toimijoiden kanssa. Erityisesti ympäristövahinkotilanteissa tulee toimia ripeästi, jolloin sujuva paikallinen yhteistyö on asioiden etenemisen kannalta erittäin tärkeää. Vuosittaiseen sinileväseurantaan osallistuu paljon kansalaisia, jotka ilmoittavat viikoittain paikallisen sinilevä-tilanteen.

HALI-hankkeen haastattelututkimuksessa oli nousut esille halu lisätä yhteistyötä eri organisaatioiden kesken jopa samallakin alueella (ELY-keskukset,

kunnat, yritykset, yhdistykset) (Ormala & Kaukonen 2014). Eri organisaatioilla on usein hieman erilaiset tiedon tarpeet, jonka johdosta näytteenotto-ohjelmat voivat olla erilaiset. Päällekkäisyyttä on kuitenkin usein havaittavissa, mikä olisi estettävissä paremmalla yhteistyöllä. Näytteenoton ja laboratoriopalveluiden ulkoistaminen voi parhaimmillaan tehostaa ja auttaa purkamaan päällekkäisyyttä. Tämä voi tapahtua esimerkiksi siten, että näytteenottajilla on mahdollisuus ottaa näytteitä ja tehdä havaintoja useisiin eri tarkoituksiin samalla maastokäynnillä. Vaarana voi kuitenkin olla myös toimijoiden kirjon laajeneminen, mikä voi lisätä pirstoutumista ja päällekkäistä toimintaa.

Kansallinen yhteistyö

Yhteistyön tiivistämistä tarvitaan SYKEN, ELY-keskusten ja muiden vesistöseurannoissa mukana olevien tahojen kanssa arvioitaessa uusien menetelmien soveltuvuutta ja edistettäessä niiden käyttöönottoa. Mittareista ja laitteista tarvitaan käyttäjäkokemuksia eri ympäristöistä eri puolilta Suomea. Tietoa tarvitaan mm. merialueelta, rannikkovesistä, joista, isoista, pienistä, karuista ja rehevistä järvistä sekä erilaisista kuormitustilanteista (teollisuus, jätevedet, maa- ja metsätalous jne.). Näistä saatujen monipuolisten kokemusten avulla voidaan tehdä arvioita eri laitteiden sopivuudesta vesistöseurantoihin sekä luoda uusia hyviä käytäntöjä.

Hankkeiden ja ympäristöhallinnon järjestämät seminaarit ja etenkin työpajat, joita mm. Pyhäjärvi-instituutti on järjestänyt, ovat olleet erittäin hyviä tilaisuuksia uusista menetelmistä saatujen käyttäjäkokemusten välittämiseksi laajemmalle joukolle. Vapaamuotoisemmissa työpajoissa on usein havaittu, että käyttäjillä on samoja ongelmia, hankaluuksia tai tietotarpeita ja sen seurauksena on voitu yhdessä ideoida uusia hankkeita kehitystyön eteenpäin viemiseksi. Tilaisuuksissa on ollut osallistujia niin hallinnon kuin yksityisenkin sektorin puolelta. Seurantamenetelmissä tapahtuva kehitys on nopeaa ja sen tähden yhteisten tilaisuuksien järjestäminen on jatkossakin suositeltavaa.

Yhteistyön lisäämisen ja syventämisen mahdollisuuksia olisi ehkä löydettävissä myös näytteenoton ja muun seurantaan liittyvän maastotyön osalta. Ympäristöhallinnolla ja Luonnonvarakeskuksella (Luke) on jo monenlaista yhteistyötä mm. mallintamisessa ja metsäseurantojen aineistot kulkevat jo SYKEN tietokannoista suoraan Luken metsäseurantatietokantaan. Kaiken kaikkiaan yhteistyö säästää resursseja, mikä

auttaa selviämään seurantavelvoitteista nykyisten koken västöstötoimien alla.

Kansalaisten rooli

Kansalaisten roolia ympäristön tilan seurannoissa pohdittaessa on huomioitava ympäristönsuojelulain vaatimukset, joissa todetaan, että pinta- ja pohjaveden sekä ympäristöön johdettavan jäteveden laatuun sekä sedimenttiin ja vesieliöstöön liittyvät mittaukset, testaukset, selvitykset ja tutkimukset voi tehdä vain hyväksytty toimija. Näytteenottajien kohdalla tämä yleensä tarkoittaa sertifioitujen henkilöiden käyttöä.

Kansalaisilla on kuitenkin tärkeä rooli vesienhoidon tavoitteiden toteutumisessa. Ympäristön tilan seuraminen herättää kiinnostuksen vesistöjen tilasta ja kehityksestä, mistä voi parhaimmillaan seurata aktiivista toimintaa vesistöjen tilan parantamiseksi. Valtion resurssit konkreettiseen vesienhoitotyöhön ovat vähäiset, joten työhön tarvitaan paikallisia resursseja.

Kokemuksia kansalaishavainnoinnista

Kansalaisten osallistamisen mahdollisuuksia ympäristön havainnointiin mietitään ympäristöhallinnon eri projekteissa. Tällä hetkellä kansalaiset voivat ilmoittaa ympäristöhavaintojaan mm. Järviwiki-palveluun (www.jarviwiki.fi). Suomen ympäristökeskuksen Secchi300 -laitteen kansalaiskäytöstä saadaan uusia kokemuksia kesän 2015 testikäytön perusteella (kts. myös s. 18) Varsinais-Suomen ELY-keskuksella on ollut Satakunnassa Satavesi-ohjelma, jonka yhteydessä kansalaisia on koulutettu omaehtoiseen vesistön seurantaan. Toiminnasta kiinnostuneille on opetettu mm. näkösyvyyden mittaamista, leväseurannan havainnointia ja kalastuskirjanpitoa. Havainnoitsijoiksi ilmoittautuneet ovat saaneet käyttöönsä Secchi-levyn, kirjalliset ohjeet ja lomakkeet havaintojen ilmoittamiseksi ELY-keskukseen. Havainnoista on laadittu koostereportteja.

Yksittäisten kansalaisten lisäksi kansalaisjärjestöillä voi olla kiinnostusta kansalaishavaintojen tekemiseen, josta esimerkkinä Pro Puruvesi ry. Yhdistyksen jäsenet keräävät näkösyvyys- ja levähavaintotietoja muutaman kerran vuodessa ja tiedot toimitetaan paikalliselle Etelä-Savon ELY-keskukselle. Yhdistys laatii näkösyvyysmittauksista myös itse raportteja (www.propuruvesi.fi/). Etelä-Savossa myös Kyyvedeltä on kerätty kansalaishavaintoja näkösyvyydestä ja levä-

haitoista 11 eri havaintopaikalta. Kansalaishavaintojen avulla on saatu arvokasta tietoa alueellisista eroista ja ajallisesta vaihtelusta. Talvivaaran alapuolisissa vesissä on ollut kansalaishavainnointia kaivokselta tapahtuneiden vuotojen aikana ja jälkeen. Järjestöjen etuna yksittäisiin kansalaisiin verrattuna on se, että vastuuta havaintojen tekemisestä voidaan jakaa useammalle henkilölle. Havainnointi voi parhaassa tapauksessa tukea järjestön tai yhdistyksen muutakin toimintaa.

Kansalaisia osallistuu paljon valtakunnalliseen leväseurantaan, jossa levätilannetta seurataan ja arvioidaan viikoittain kesä–syyskuussa. Lounais-Suomessa on yhteensä 45 vakioseuranta-paikkaa, joista 22 on sisävesillä ja 23 merialueilla (tilanne vuonna 2015). Vakioseurannan levähavainnoitsijat käyvät alkuviikolla havaintopaikoilla, arvioivat silmämääräisesti sinilevien runsauden asteikolla 0–3 ja ilmoittavat havaintonsa ELY-keskukseen tai tallentavat ne itse Järviwiki-palveluun. Osa havaintopaikoista on ollut mukana leväseurannassa kesästä 1998 lähtien. Seuranta on tuottanut arvokasta tietoa vesistöjen tilasta ja niiden muutoksista. Seurannan avulla saadaan myös yleiskuva sinilevätilanteesta koko maassa. Leväseurantaan osallistuvien kansalaisten ja muiden toimijoiden kiinnostusta samaan aikaan tehtäviin muihin mittauksiin voisi olla hyödyllistä selvittää, mikäli löytyy heidän käyttöönsä soveltuvia mittalaitteita.

Kansalaishavainnoinnin haasteet

Kansalaisten osallistaminen ja motivointi seurantoihin voi olla haasteellista. Seurannan jatkuvuus olisi tärkeää muutosten havaitsemiseksi, mutta vapaaehtoisuuteen perustuvassa toiminnassa ketään ei voida velvoittaa. Motivoinnin lisäämiseksi pitäisi miettiä houkuttimia, joilla seuranta tehtäisiin mielekkääksi ja kannustavaksi. Kokemukset osoittavat, että tarvitaan aktiivista panostusta kansalaisten saamiseksi mukaan. Mikäli kansalaishavaintoja halutaan enemmän, tarvitaan ohjaamiseen ja yhteistyön ylläpitoon paljon resursseja.

HALI-hankkeessa tehdyn haastattelun avulla selvitettiin kansalaishavaintojen käyttöä (Ormala & Kaukonen 2014). Kansalaishavaintojen uskottiin lisäävän ympäristötietoisuutta, mutta havaintojen käyttöön viranomaisseurannoissa suhtauduttiin hyvin epäilevästi. Tämä johtui havaintojen luotettavuuteen liittyvästä epävarmuudesta, laadunvarmistuksen ongelmista ja epäilyistä siitä miten pitkäjänteisesti kansalaiset ovat valmiita tekemään havaintoja. On myös kokemuksia siitä, että viranomaiset joutuvat tarkistamaan ja var-

mistamaan epäilyttäviä kansalaishavaintoja, jotka osoittautuvatkin normaaleiksi luonnon ilmiöiksi.

Yleisesti ottaen kansalaisten havainnot voivat siis tällä hetkellä täydentää, antaa lisätietoa ympäristöstä, mutta niillä ei voida vielä korvata viranomaisseurantoja. Lisäksi kansalaisten havainnoitavaksi soveltuvat helpot ympäristömuuttujat eivät riitä viranomaisten tietotarpeisiin. Nykyisin käytössä olevat jatkuvatoimiset vedenlaatumittarit vaativat erikoisosaamista, joten näiden osalta kansalaisten osallistamisen mahdollisuudet voivat olla vielä aika vähäiset. Sen sijaan joidenkin yksinkertaisten, luotettavuudeltaan hyviksi havaittujen ja edullisten mittareiden luovuttamista kansalaishavainnointiin voi harkita.

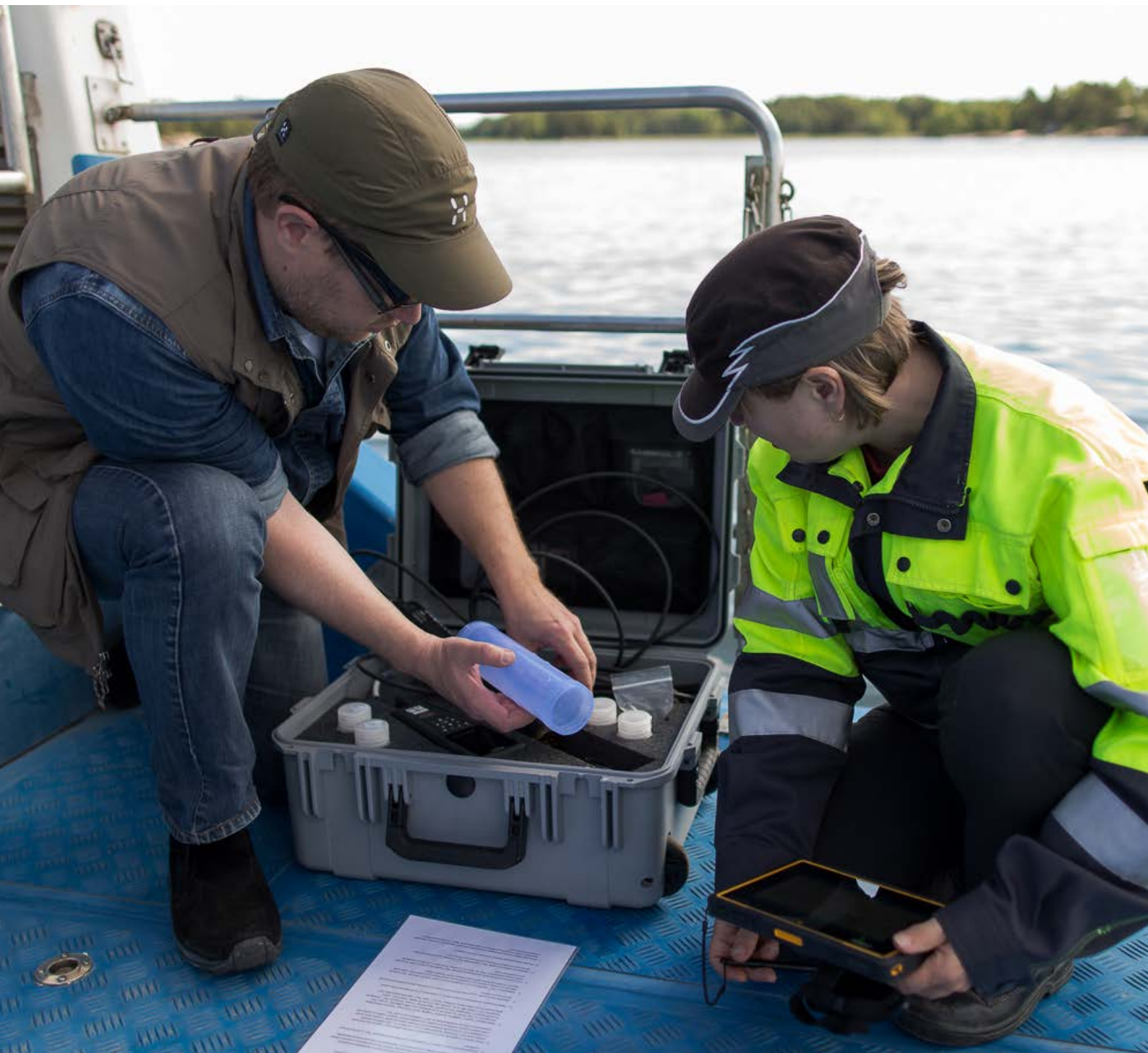
Uusien menetelmien laajemman käyttöönoton haasteita

AUTOMATISOINTIA JA UUSIEN MENETELMIEN KEHITTÄMISTÄ JA KÄYTTÖÖNOTTAMISTA SEURANNAN TUOTTAVUUDEN PARANTAMISEKSI ON TAVOITELTU JO PITKÄÄN MM. ERILAISTEN HANKKEIDEN JA KEHITTÄMISEHDOTUSTEN AVULLA (HUTTULA YM. 2009).

Uusien menetelmien laajempi käyttöönotto vesistö-seurannoissa on kuitenkin ollut hyvin hidasta. Alla on

esitelty tässä esiselvitystyössä esille nousseita mahdollisia syitä hitaudelle. Tarkastelu koskee lähinnä erilaisia vesistöjen seurannassa käytettäviä mittareita. Joidenkin haasteiden voittamiseksi on esitetty alustavia ratkaisuehdotuksia, mutta asioiden edistämiseksi tarvitaan myös laajempaa yhteistä pohdintaa ja ideointia.

Näytteenottajat tutustuvat uusiin laitteisiin. Kuva: Asko Sydänoja.



Laitteiden korkeat hankinta- ja käyttökustannukset

Taloudellisten resurssien vähentyessä ei ole ollut mahdollisuutta hankkia uusia laitteita edes kokeiltavaksi. Kalliimpien laitteiden hinnat voivat olla tuhansia euroja. Jatkuvatoimisten vedenlaatuasemien käytöstä aiheutuu paljon kustannuksia niin huollon viemän työajan kuin myös vertailunäytteiden aiheuttamien ylimääräisten kustannusten muodossa. Lisäksi monet jo melko luotettavasti mittareilla mitattavat muuttujat, kuten happi ja pH, ovat halpoja analysoitavia laboratoriossa eli koetaan, ettei kalliiden mittareiden käyttöönotto ole kannattavaa. Seurannan suurimmat kustannukset syntyvät perinteisen vesinäytteenoton aiheuttamista palkka-, matka- ja laboratoriokuluista.

- Ratkaisuehdotus: Kalliimpia laitteita voisi hankkia yhteisesti tai muutoin keskitetysti ja sitä kautta tarjoutuisi mahdollisuus tutustua ja kokeilla uusia mittareita ja laitteita.

Uudella menetelmällä ei saada tarvittavaa tietoa ja laatuvaatimukset eivät täyty

Esimerkiksi jatkuvatoimisilla vedenlaatumittareilla voidaan saada ajallisesti kattavaa tietoa ympäristössä tapahtuvista muutoksista, mutta seurattavissa olevien muuttujien määrä on hyvin rajallinen eikä siten vastaa kaikilta osin tarpeita. Kenttämittareiden tarkkuus ja luotettavuus eivät aina vastaa käytössä olevia laatuvaatimuksia, mikä rajoittaa selkeästi monien mittareiden käyttöä. Myöskään huonot esimerkit, jotka ovat johtuneet esimerkiksi puutteellisesta mittarin huollosta, eivät rohkaise hankkimaan mittareita.

- Ratkaisuehdotus: Seurataan tekniikan kehittymistä. Lisätään tietämystä vastemuuttujien käytön mahdollisuudesta erilaisissa ympäristöoloissa. Yhdistetään eri menetelmillä saatuja tietoja enemmän ja tehdään se helpommaksi. Tehdään keskitettyä testaamista ja selvitystyötä, jotta löydetään suomalaisiin olosuhteisiin luotettavat ja riittävän tarkat mittarit.

Siirtyminen uuden menetelmän käyttöön kallista

Siirryttäessä uuteen menetelmään tarvitaan vertailunäytteitä, jotta voidaan varmistua uudella menetelmällä saatujen tulosten vastaavan vanhalla menetelmällä saatuja tuloksia. Tämä lisää siirtymävaiheessa merkittävästi kustannuksia ja työmäärää. Samanaikaisesti seurantoihin käytettävissä olevan rahoituksen väheneminen rajoittaa mahdollisuuksia osallistua seurannan menetelmien kehittämiseen.

- Ratkaisuehdotus: Keskitettyä kehittämistyötä, jossa varmistetaan mittareiden käyttökelpoisuus erilaisiin luonnonolosuhteisiin. Paikallisten tahojen osallistumista tuetaan tähän tarkoitukseen varatulla rahoituksella.

Aineistojen laadunvarmistus

Useimpien mittareiden tuottama aineisto vaatii jälkikäteen asiantuntijan tekemän laadunvarmistuksen. Tällä hetkellä ei ole vielä yhteistä ohjeistusta hyvistä käytännöistä, joilla voitaisiin varmistaa kaikkien aineistojen korkea taso.

- Ratkaisuehdotus: Laaditaan yhteistyössä eri toimijoiden kanssa aineistojen laadunvarmistuksen ohjeistus tai muu vastaava käsikirja.

Tiedonsiirron ja tietojärjestelmien kehittymättömyys

Mittausaineistojen siirtämisessä mittarilta tietokoneelle on suuria mittareiden välisiä eroja niin tiedonsiirtotavassa kuin ohjelmistoissakin. Ympäristöhallinnon tietojärjestelmät eivät pysty sujuvasti ottamaan vastaan mittariaineistoja.

- Ratkaisuehdotus: Tietojärjestelmiä pitää kehittää helpokäyttöisemmiksi ja sujuvammiksi.

Kenttämittareilla mitatut tulokset eivät ole rekisterikelpoisia viranomaiskäytössä

Tämä johtuu siitä, että kenttämittarilla tehdyt mitaukset eivät ole akkreditoitu menetelmä. Siten tuloksia ei voida käyttää esimerkiksi vesistöjen laatu-uokituksen tekemiseen (Ormala & Kaukonen 2014).

- Ratkaisuehdotus: Menetelmien laadunvarmistuksen kehittäminen. Laatudokumentaatioon tarvitaan mm. menetelmän validointi, menetelmäohje mittausten, huollon ja kalibroinnin tekemiseen sekä laadun seurantaan liittyvät dokumentit (Ormala & Kaukonen 2014).

Osaamisen ja asiantuntemuksen puute uusista menetelmistä

Uudet menetelmät ja teknologiat vaativat usein erikoisosaamista ja asiantuntemusta, jota on tällä hetkellä vain harvalla.

- Ratkaisuehdotus: Lisätään koulutusta ja järjestetään yhteisiä kenttämittauspäiviä, joissa voi kokeilla ja tutustua uusiin menetelmiin. Laaditaan lisää ohjeistusta veden laadun mittaamisesta kenttämittareilla maastossa sisältäen myös ohjeistusta mittareiden hankinnasta. Välitetään tietoa hyvistä kokemuksista.

Seurantojen ulkoistaminen

Ympäristöhallinnon näytteenoton nopea ulkoistaminen ja oman näytteenotto toiminnan alasajo heikentää ELY-keskusten mahdollisuuksia osallistua kehittämistoimintaan. Lisäksi uusien menetelmien käyttöönottoa voi hidastaa sopivan palveluntarjoajan puuttuminen tai sen vähäisyys.

- Ratkaisuehdotus: Uusien menetelmien käytön ja toimintamallien kehittäminen erillisrahoituksen turvin sekä ohjeistuksen laadinta hyvistä käytännöistä. Uusiin menetelmiin liittyvän tilaajaosaamisen kehittäminen ja varmistaminen.





Yhteenvedo

TALOUELLISTEN RESURSSIEN VÄHENEMISEN SEURAUKSENA ON SEURANTOJA UUDISTETTAVA JA KEHITETTÄVÄ, JOTTA TULEVAISUUDESSAKIN SAATAISIIN RIITTÄVÄSTI LAADUKASTA YMPÄRISTÖTIETOA MAHDOLLISIMMAN KUSTANNUSTEHOKKAASTI.

Tällä hetkellä asetetaan paljon toiveita uusille teknologioille ja menetelmille, jotka voisivat parhaimmillaan vähentää työvoimavaltaista perinteistä näytteenottoa. Hydrologinen seuranta on jo pitkälle automatisoitua, mutta vedenlaadun seurannassa nojaututaan lähes kokonaan vielä perinteiseen näytteenottoon. Uusien menetelmien käyttöön liittyy paljon sekä mahdollisuuksia että haasteita. Menetelmien ja laitteiden ominaisuuksia ja käyttökelpoisuutta tulee tarkastella kriittisesti ottaen huomioon niiden hyvät ja huonot puolet suhteessa tarpeisiin. Kokemusten karttuessa voidaan myös löytää uusia käyttökohteita. Hyviksi havaittujen mittareiden käyttö voi lisääntyä nopeastikin, kun taas toisiin liittyy vielä paljon selvittämisen- ja kehittämistarpeita.

Mahdollisuuksia

Uusilla menetelmillä voidaan parhaimmillaan saada entistä enemmän ja laadukkaampaa tietoa vesistöjen tilasta ja siinä tapahtuvista muutoksista. Velvoitetarkkailuissa esimerkkejä jo hyviksi havaituista käytötarkoituksista ovat vesistörakentamisen vaikutukset vedenlaatuun tai jokien vedenlaadun seuranta jatkuvatoimisilla mittareilla kuormituslaskelmien tarkentamiseksi. Kenttämittareilla saadaan nopeasti tietoa vesistöstä ja parhaimmillaan jopa reaaliaikaisesti. Mittareiden kehittymisen ja uusien luotettavasti mitattavien muuttujien myötä kenttämittareiden käyttö voi tulevaisuudessa korvata perinteistä näytteenottoa. Myös toimintatapojen kehittäminen ja yhteistyön lisääminen voi helpottaa uusien menetelmien käyttöönottoa. Kaukokartoituksen avulla saadaan alueellisesti kattavaa tietoa, ja kaukokartoituksen mahdollisuudet tulevat paranemaan uusien satelliittien myötä.



Kuva: Asko Sydänoja

Haasteita

Kenttämittareiden laajempaa käyttöönottoa ovat merkittävästi hidastaneet monet itse mittareihin liittyvät rajoitteet, kuten luotettavasti mitattavien muuttujien vähäinen määrä. Käyttöä on erityisesti rajoittanut se, ettei fosforia voida vielä luotettavasti mitata kenttämittareilla. Mittareiden helppokäyttöisyydessä ja kenttäkelpoisuudessa on myös vielä parantamisen varaa, vaikka kehitystä onkin tapahtunut.

Mittareiden hankinta- ja käyttökustannukset sekä vanhasta uuteen menetelmään siirtymisen kustannukset ovat vielä melko korkeat. Kustannussäästöjen syntyminen vaikuttaakin vielä lähitulevaisuudessa epätodennäköiseltä ilman, että samalla heikennetään seurantatulosten laatua ja edustavuutta. Tarkemmat kustannusanalyysit helpottaisivat asian arvioimista.

Uusilla menetelmillä voidaan saada aiempaa huomattavasti enemmän tietoa ympäristön tilasta, mutta aineiston käsittely vaatii enemmän aikaa ja erikoisosaamista. Aineistojen käsittelyä pitää automatisoida ja helpottaa yhteisten käytäntöjen avulla, jotta kustan-

nukset pysyvät kohtuullisina ilman, että samalla vaarannetaan tulosten luotettavuutta.

Hydrologisten mittausten laatu on jo hyvällä tasolla, mutta veden laadun mittaamisessa on vielä paljon kehitettävää. Biologinen seuranta nojautuu vielä lähes kokonaan perinteisiin menetelmiin.

Kaukokartoituksen haasteena on toistaiseksi kallea resoluutio, mikä rajoittaa niiden käyttöä pienempien vesimuodostumien tilan seurannassa. Muina kaukokartoituksen haasteina voidaan pitää puutteellista havaintokykyä monien tärkeiden muuttujien osalta sekä syvempien vesikerrosten jääminen havainnoinnin ulkopuolelle.

Seurantojen uudistamisen ja uusien menetelmien käytön lisäämisen yhteydessä on huolehdittava siitä, että ne vastaavat lainsäädännössä asetettuja laatuvaatimuksia. Menetelmien ja toimintatapojen kehittämiseen tarvitaan eri toimijoiden välistä yhteistyötä. Monet uudet menetelmät vaativat erikoisosaamista. Jatkuva ja nopea muutos sekä ympäristöhallinnossa että uusien menetelmien kehitystyössä vaatii riittäviä sekä henkilö- että taloudellisia resursseja asiantunteumuksen ylläpitämiseksi.

Lähteet

- Ahkola, H. 2012. Passive Sampling in Monitoring of Nonylphenol Ethoxylates and Nonylphenol in Aquatic Environments. Department of Chemistry, University of Jyväskylä, Research report no. 152, 92 s.
- Arola, H. (toim.) 2012. Jatkuvatoiminen sameusmittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistonkäsittely. Ympäristöhallinnon ohjeita 2, 51 s.
- Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväskylä, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen S.M., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Perus, J., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Ruuskanen, A., Siimes, K., Sutela, T., Vehanen, T. & Vuori, K-M. 2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012–2013 – päivitetty arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2012, 144 s.
- Arvola, L., Huotari, J. & Tulonen, T. 2014. Tausta ja tavoitteet levämäärien jatkuvatoimiselle mittaukselle. Raportissa Huotari, J. & Ketola, M. (toim.) 2014. Jatkuvatoiminen levämäärien mittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineiston käsittely. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöhallinnon ohjeita 5, 66 s.
- Björklöf, K., Leivuori, M., Näykki, T. & Väisänen, R. 2014. Kenttämittausvertailu 5/2014. Luonnonvesien happi, lämpötila, pH ja sähkönjohtavuus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 32, 32 s.
- Björklöf, K., Leivuori, M., Näykki, T., Karppinen A., Väisänen T. & Väisänen, R. 2015. Kenttämittausvertailu 11/2014. Luonnonvesien happi, lämpötila, pH ja sähkönjohtavuus ja sameus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4, 37 s.
- Heitto, L. 2012. Anturimittaukset apuna siltatyömaalla. Aquarius 1, 14–15.
- Huitu, H. (toim.) 2009. Automatisoidun mittausverkon kehittäminen ympäristön seurantaan. MTT Kasvu 8, 56 s.
- Huitu, H., Tattari, S. & Rönkkö, M. 2014. High resolution surface water quality monitoring in Finland, using automated QC. International Workshop on temporal high resolution water quality monitoring and analysis (poster presentation). 21.-22.6.2014 at UFZ Magdeburg, Germany.
- Huotari, J. & Ketola, M. (toim.) 2014. Jatkuvatoiminen levämäärien mittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistojen käsittely. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöhallinnon ohjeita 5, 66 s.
- Husson, E. 2012. The potential of an unmanned aircraft system for surveying lake and river vegetation. Luleå University of Technology. 76 s.
- Huttula, T., Bilaletdin, E., Härmä, P., Kallio, K., Linjama, J., Lehtinen, K., Luotonen, H., Malve, O., Vehviläinen, B. & Villa, L. 2009. Ympäristön seurannan menetelmien kehittäminen – Automatisointi ja muut uudet mahdollisuudet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13/2009, 73 s.
- Kahiluoto, J. 2015. Kenttämittareiden soveltuvuus pintavesien laadun seurantaan. Opinnäytetyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu, 48 sivua + 5 liitettä.
- Kemppainen, S., Kuha, J., Arvola, L. & Karjalainen, J. 2015. Automated Water Quality and Weather Monitoring in Lakes Jyväskylä, Konnevesi and Vanajavesi. MMEA/Deliverable D.WP1.V.DATA.10, Jyväskylä, 9 s.
- Ketola, M., Kuoppamäki, K., Huotari, J., Seppälä, J., Kotamäki, N. & Kallio, K. 2014. Aineiston kalibrointi ja laadunvarmistus. Raportissa Huotari, J. & Ketola, M. (toim.) 2014. Jatkuvatoiminen levämäärien mittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistojen käsittely. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöhallinnon ohjeita 5, 66 s.
- Koponen, S., Kallio, K. & Pyhälä, T. 2010. Kaukokartoitus. Raportissa Lepistö, A., Huttula, T., Granlund, K., Kallio, K., Kiirikki, M., Kirkkala, T., Koponen, S., Koskiahho, J., Liukko, N., Malve, O., Pyhälä, T., Rasmus, K. & Tattari, S. 2010. Uudet menetelmät ympäristöntutkimuksessa ja seurannassa - pilottina Säkylän Pyhäjärvi. Suomen ympäristö 9, 46 s.
- Koponen, S., Pyhälä, T. & Kallio, K. 2012. Uudet jokamiehen mittalaitteet ja kansalaishavainnoinnin mahdollisuudet. Raportissa: Anttila, S., Bröckl, M., Herlevi, A., Kallio, K., Ketola, M., Koponen, S., Kuitunen, P., Pyhälä, T., Ryynänen, T., Vakkilainen, K. & Kairesalo, T. 2012. Avoin ympäristötieto – yhteistyön kehittäminen vesistöjen seurannassa. Järvien vedenlaatu palvelu – hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristö 17, 50 s.
- Korhonen, J. 2009. Hydrologiset seurannat. Raportissa Niemi, J. (toim.) 2009. Ympäristön seuranta Suomessa 2009–2012. Suomen ympäristö 11, 152 s.
- Korkeamäki, E. 2012. Ruoppausten vaikutukset selviävät sondauksella. Aquarius 1, 10–11.
- Koskiahho, J. & Puustinen, M. 2009. Maatalouden vesien-suojelukosteikon tehokkuuden mittaaminen antureiden avulla. Raportissa: Huitu, H. (toim.) 2009. Automatisoidun mittausverkon kehittäminen ympäristön seurantaan. MTT Kasvu 8, 56 s.
- Koskinen, J. 2014. Vuohenojan vedenlaatumittausten tuloksia. TEHO Plus -hankkeen raportteja 5, 12 s.
- Kotilainen, H. 2012. Automaattimittauksille on tarvetta. Aquarius 1, 8–9.
- Leivuori, M., Björklöf, K., Näykki, T. & Väisänen, R. 2013. Laboratorioiden välinen pätevyyskoe 5/2013. Kenttämittaukset - vesien happi, lämpötila, pH ja sähkönjohtavuus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30, 31 s.
- Leivuori, M., Näykki, T., Lieto, I., Helm, I., Jalukse, L., Kaukonen, L., Hänninen, P. & Ilmakunnas M. 2014. Field measurement intercomparison. Field measurements of dissolved oxygen concentration. Reports of the Finnish Environment Institute 24, 44 s.

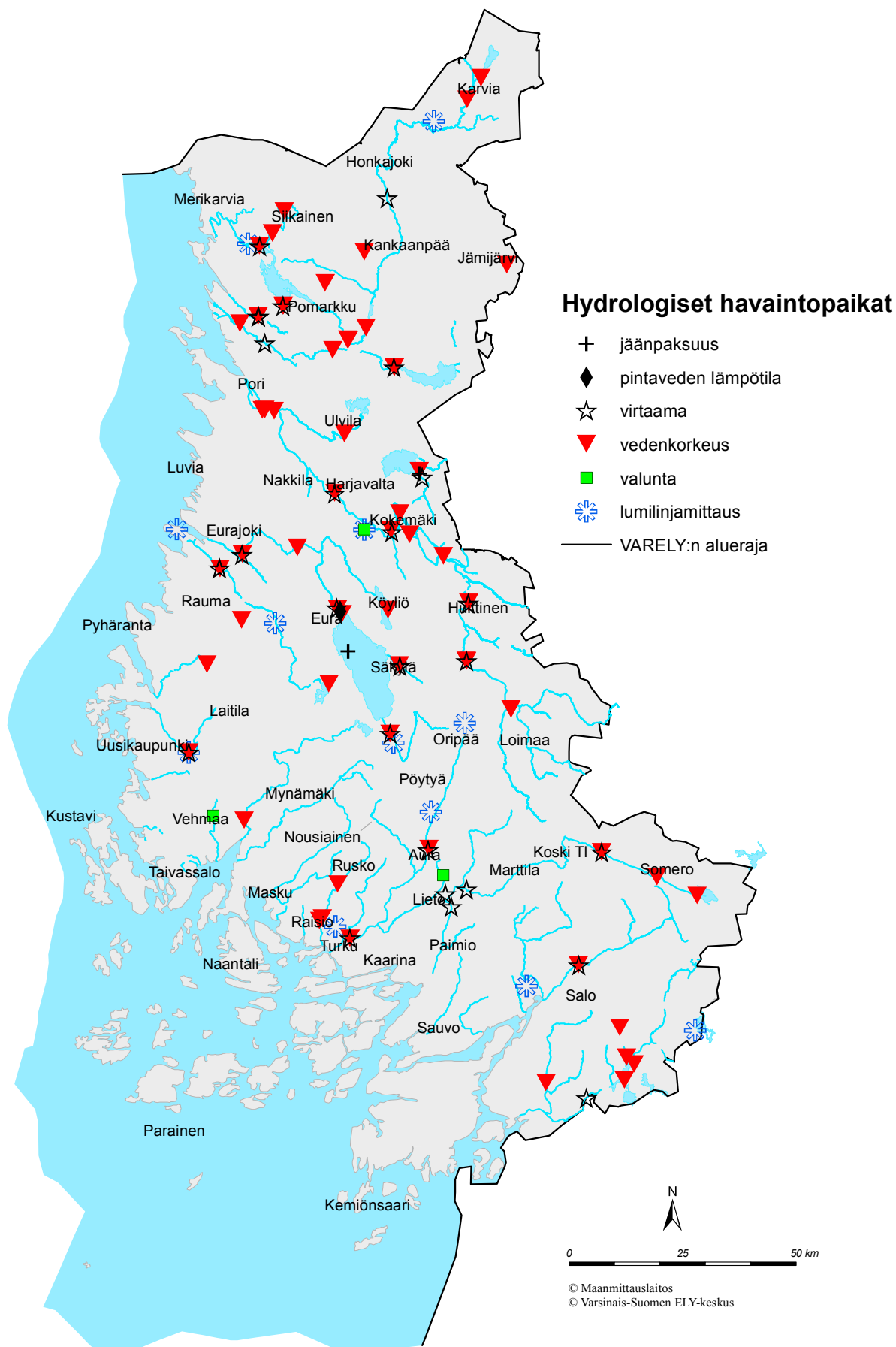
- Lepistö, A., Huttula, T., Bärlund, I., Granlund, K., Härmä, P., Kallio, K., Kiirikki, M., Kirkkala, T., Koponen, S., Koskiah, J., Kotamäki, N., Lindfors, A., Malve, O., Pyhälähti, T., Tattari, S. & Törmä, M. 2008. New measurement technology, modeling and remote sensing in the Säskylän Pyhäjärvi area - CatchLake. Reports of Finnish Environment Institute 15/2008. Helsinki. 73 p.
- Lepistö, A., Huttula, T., Granlund, K., Kallio, K., Kiirikki, M., Kirkkala, T., Koponen, S., Koskiah, J., Liukko, N., Malve, O., Pyhälähti, T., Rasmus, K. & Tattari, S. 2010. Uudet menetelmät ympäristöntutkimuksessa ja seurannassa - pilotoina Säskylän Pyhäjärvi. Suomen ympäristö 9, 46 s.
- Macintosh, K., Cassidy, R., Jordan, P., Arnscheidt, J. & McCarthy, V. 2011. Testing a new technology for monitoring nutrients in rivers. STRIVE Report No. 81.
- Magnusson, B., Näykki, T., Hovind, H., Krysell, M. 2012. Handbook for Calculation of Measurement Uncertainty in Environmental Laboratories. NT Tech Report 537.
- Mano, A., Malve, O., Koponen, S., Kallio, K., Taskinen, A., Ropponen, J., Juntunen, J. & Liukko, N. 2015. Assimilation of satellite data to 3D hydrodynamic model of Lake Säskylän Pyhäjärvi. Water Science & Technology 71, 1033-1039.
- Mutanen, J., Hassinen, J. & Kanninen, A. 2015. Alueellinen päätöksenteko ja ympäristötietoisuus tarvitsevat seurattietoa. Vesitalous 2, 5-7.
- Mäkinen, M. 2014. Ehdotus Lounais-Suomen pohjavesien toimenpideohjelmaksi vuosille 2016-2021, 93 s. (http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteistyö/Vesienhoito_ELYkeskuksissa/VarsinaisSuomi_ja_Satakunta)
- Mäkinen, R., Orvomaa, M. & Gustafsson, J. 2009. Hydrogeologiset seurannat. Raportissa Niemi, J. (toim.) 2009. Ympäristön seuranta Suomessa 2009–2012. Suomen ympäristö 11, 152 s.
- Näykki, T., Kyröläinen, H., Witick, A., Mäkinen, I., Pehkonen, R., Väisänen, T., Sainio, P. & Luotola, M. 2013. Laatusuosituksat ympäristöhallinnon vedenlaaturekistereihin vietävälle tiedolle: vesistä tehtävien analyttien määritysrajat, mittausepävarmuudet ja säilytysajat ja -tavat. Ympäristöhallinnon ohjeita 4. Suomen ympäristökeskus. 54 s.
- Pyhälähti, T., Koponen, S. & Kallio, K. 2010. Digikuvauksen perustuva vedenlaadun mittalaite Secchi3000. Teoksessa: Simola, H. (toim.). Suurjärviseminaari 2010: Muuttuva ilmasto – muuttuvat vesistöt ja yhteiskunta. Itä-Suomen yliopisto, Joensuu. S. 77–78.
- Rahkola-Sorsa, M., Avinsky, V., Can, P., Rasmus, K., Waissi, G. & Viljanen, M. 2010. Estimation of zooplankton abundance, distribution patterns and patchiness in a large humic lake using an Optical Plankton Counter. Aquatic Ecosystem Health & Management 13 (2): 164-175.
- Riihimäki, J. & Hellsten, S. 2014. Pyykösjärven ranta- ja vesikasvillisuuden kartoitus 2014. Suomen ympäristökeskus, Vesikeskus, 18 s.
- Räty, M., Järvenranta, K., Virkajärvi, P., Saarijärvi, E., & Kröger, H. 2014. Jatkuvatoiminen ravinnekuormituksen seurantaverkosto Kirmanjärven valuma-alueella. Maataloustieteen päivät 2014.
- Salonen, K., Pulkkanen, M., Salmi, P. & Griffiths, R.W. 2014. Interannual variability of circulation under spring ice in a boreal lake. Limnology and Oceanography 59: 2121–2132.
- Seppälä, J. 2014. Levien pigmentaatio. Raportissa Huotari, J. & Ketola, M. (toim.) 2014. Jatkuvatoiminen levämäärien mittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistojen käsittely. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöhallinnon ohjeita 5, 66 s.
- Seppälä, J., Kuoppamäki, K. & Kuha, J. 2014. Mittausperiaate ja fluoresenssiin vaikuttavat tekijät. Raportissa Huotari, J. & Ketola, M. (toim.) 2014. Jatkuvatoiminen levämäärien mittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistojen käsittely. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöhallinnon ohjeita 5, 66 s.
- Siimekselä T., Stenman, T. & Ylimartimo, A. 2011. Tuloksia pilotikokeesta pienellä valuma-alueella Saarijärven vesireitin varrella. Vesitalous 6, 24-28.
- Siimekselä, T., Ylimartimo, A., Stenman, T. & Lahtela, S. 2013. Tuloksia vesistökuormituksesta peltovaltaisilla alueilla Keski-Suomessa. Vesitalous 4, 23–28
- Suominen, T. 2003. Saaristomeren veden laatu. Vartiolaiva Telkällä tehty mittaukset 2001-2002. Alueelliset ympäristöjulkaisut 321, 45 s.
- Suonpää, A. & Helttunen, S. 2012. Veden laadun ja sääparametrien seurantaa Hiidenvedellä. Aquarius 1, 12–13.
- Tattari, S., Lepistö, A., Koskiah, J., Linjama, J. & Puustinen, M. 2015. Maa- ja metsätalouden aiheuttama hajakuormitus – havaitaanko muutoksia pitkällä aikavälillä. Vesitalous 2, 19–24
- Tattari, S., Koskiah, J. & Tarvainen, M. 2015. Virtavesien vedenlaadun jatkuvatoiminen mittaaminen - käytännön opas. Opas 5. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 24 s.
- Toivanen, T., Koponen, S., Kotovirta, V., Molinier, M. & Chengyan, P. 2013. Water quality analysis using an inexpensive device and a mobile phone. Environmental Systems Research 2:9.
- Valkama, P., Lahti, K. & Särkelä, A. 2008. Jatkuvatoiminen veden laadun seuranta hajakuormituksen arvioinnissa. Maataloustieteen päivät 2008, 8 s.
- Vartiainen, E., Yli-Renko, M., Laamanen, L., Elo, R. & Koskinen, J. 2014. Jatkuvatoimiset vedenlaatumittarit vesistökuormituksen arvioinnissa. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen raportteja 31, 47 s.
- Vuoristo, H. (toim.) 1992. Yleisohjeet velvoitetarkkailusta. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja, sarja B 12/1992, 36 s.
- Watras, C.J., Hanson, P.C., Stacy, T.L., Morrison, K.M., Mather, J., Hu, Y.-H. & Milewski, P. 2011. A temperature compensation method for CDOM fluorescence sensors in freshwater. Limnology and Oceanography: Methods 9: 296–301.

Muut julkaisut

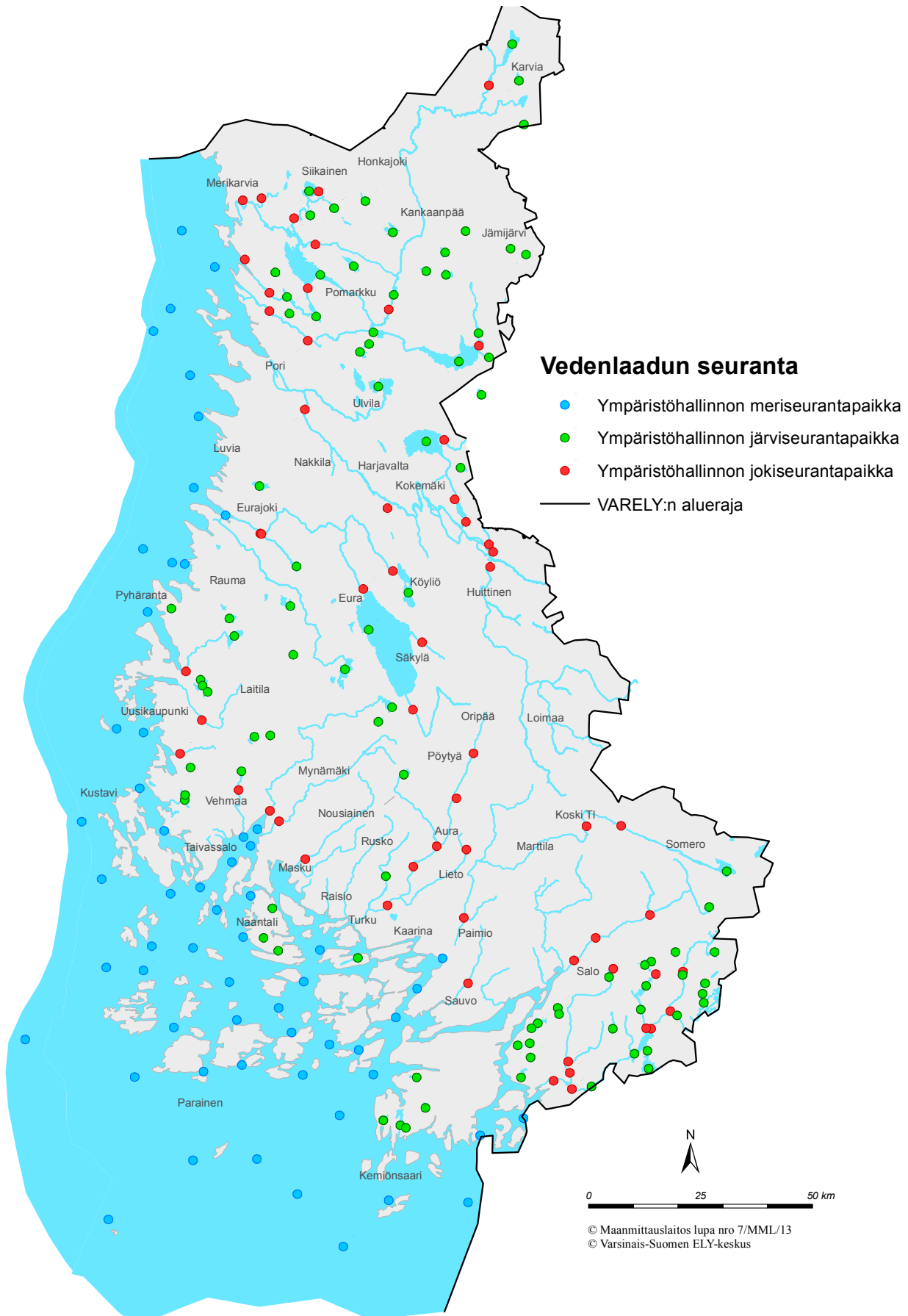
- Evaluation of fluorometers for the in situ monitoring of chlorophyll and/or cyanobacteria. Miguel Dionisio Pires 2010, Deltares.
- Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja. Hydrologisen seurannan ryhmä, SYKE. 2.10.2015
- Kallaveden kasviplanktonin klorofyllitutkimus vuosina 2012–2013. Savo- Karjalan Ympäristötutkimus Oy. 2014.
- Kallio, K. & Lepistö, A. 2015. Säkylän Pyhäjärven reaaliaikainen järvimittausasema – käyttäjäkysely. 6 s.
- Mutanen, J., Hassinen, J., Kanninen, A. & Hammar, T. 2013. Seurantatiedon tarve ja tavoitteet alueellisesta näkökulmasta (raportti).
- Nokela, T., Karjalainen, S. M., Manninen, M. & Aroviita, J. Benthos-levämittarin soveltuvuus maatalouden haju-kuormittamien jokivesien seurantaan, Suomen ympäristökeskus (julkaisu valmisteilla).
- Ormala, J. & Kaukonen, L. 2014. HALI -hanke esiselvitys. Monitor 2020. Suomen ympäristökeskus.
- SYKEN hydrologisten palvelujen kehittämisryhmän lopuraportti. Hydrologisten palvelujen kehittämisryhmä YM040:00/2010, 28 s.
- Ympäristön tilan seurannan strategia 2020. Ympäristöministeriön raportteja 23/2011. 75 s. Ympäristöministeriö, Helsinki.

Kartat

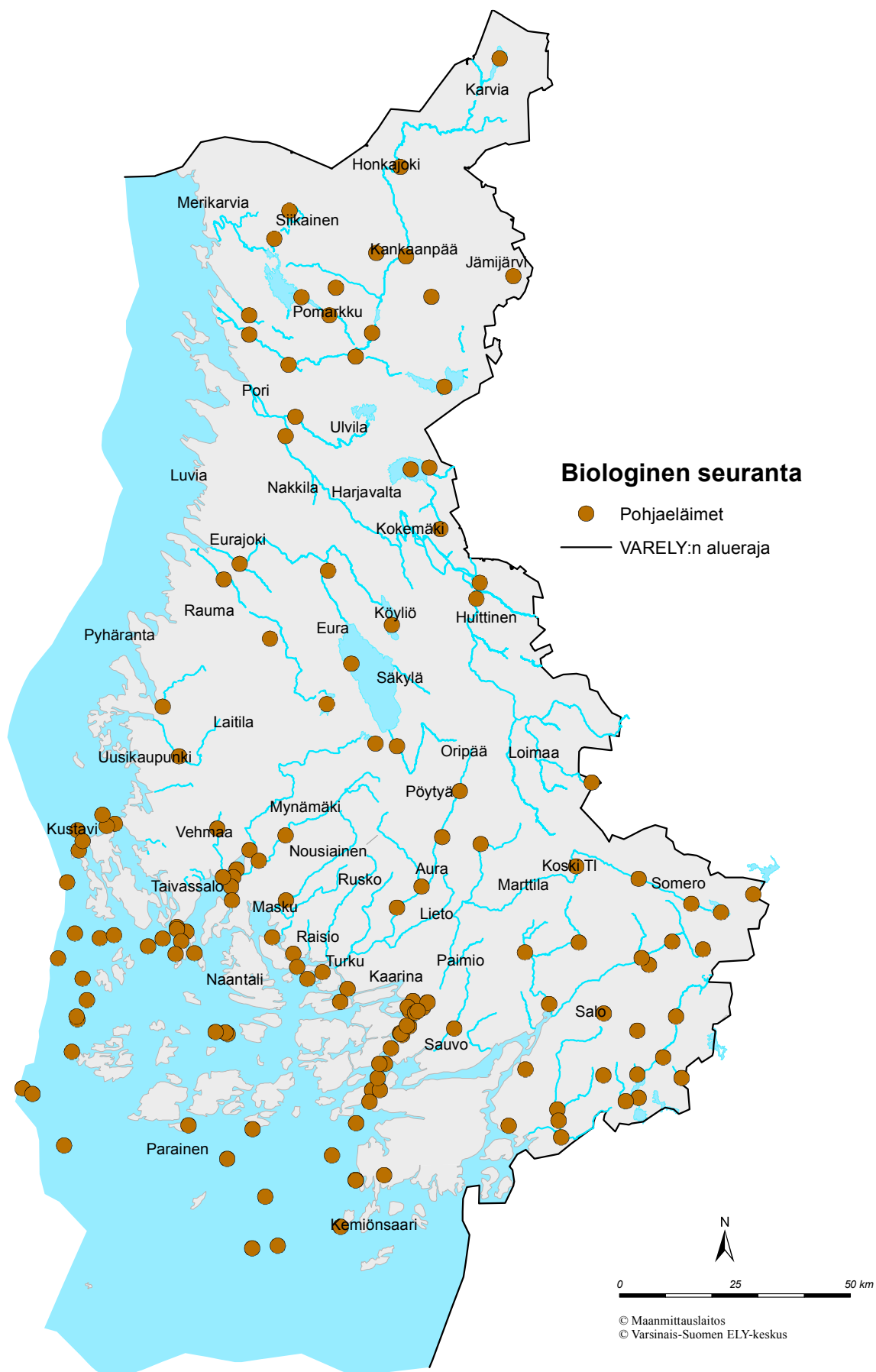
Kartta 1. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella olevat hydrologiset havaintopaikat (tilanne vuonna 2015).



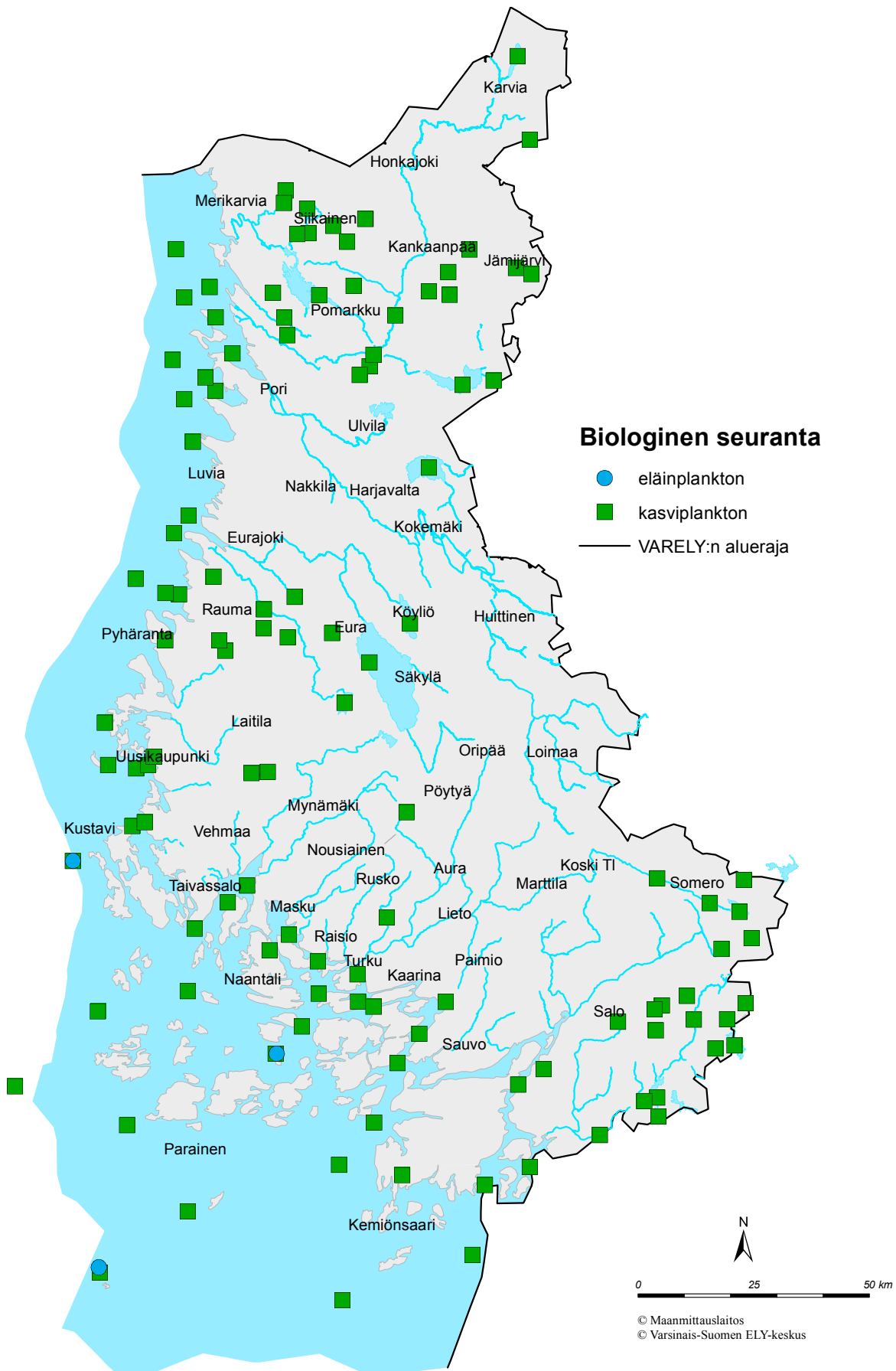
Kartta 2. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella olevat ympäristöhallinnon vedenlaadun seuranta-apaikat merellä, joissa ja järvissä (tilanne vuonna 2015).



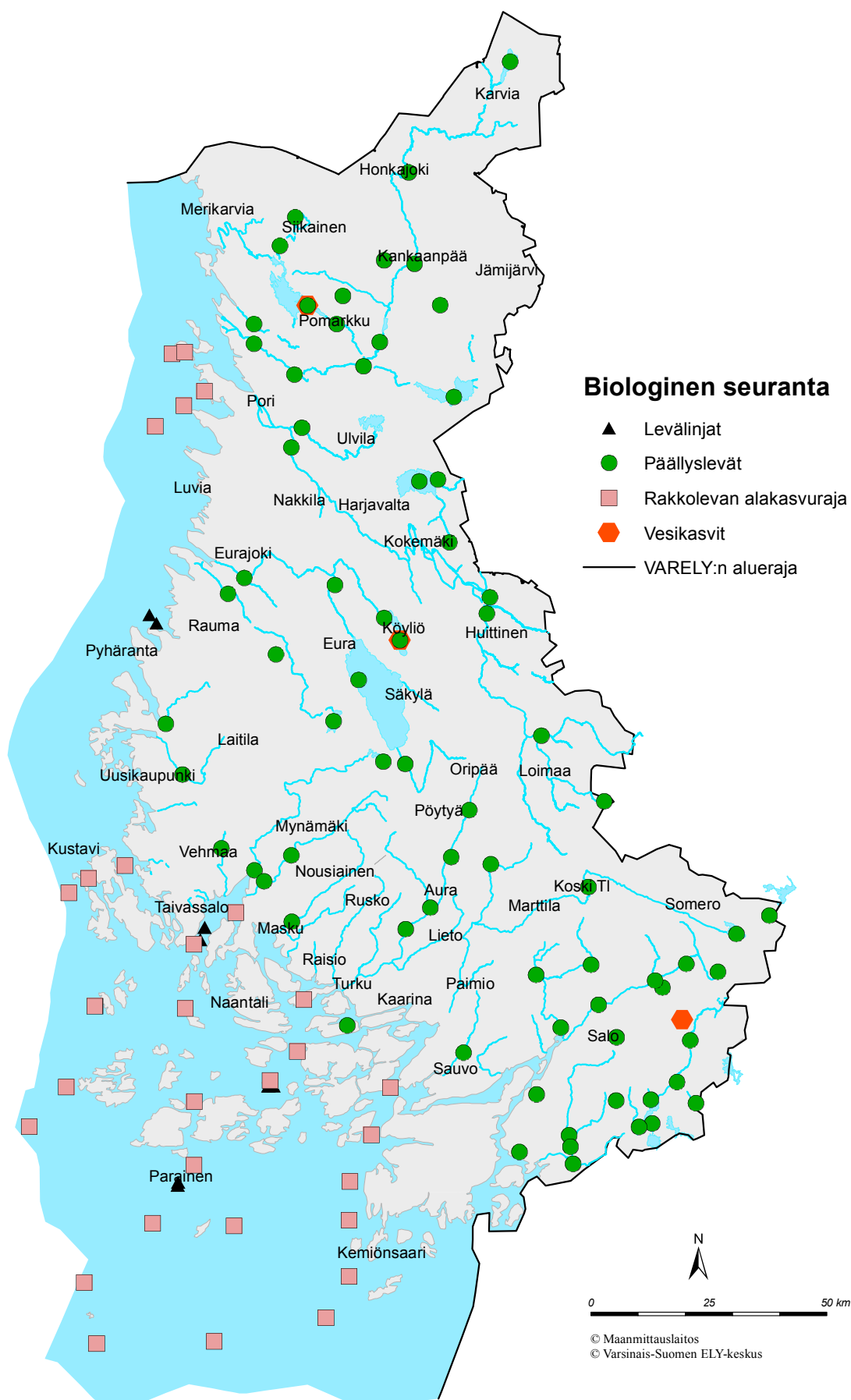
Kartta 3. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella olevia ympäristöhallinnon pohjaeläinten seurantakohteita (tilanne vuonna 2015). Kartassa ei ole velvoitetarkkailuasemia.



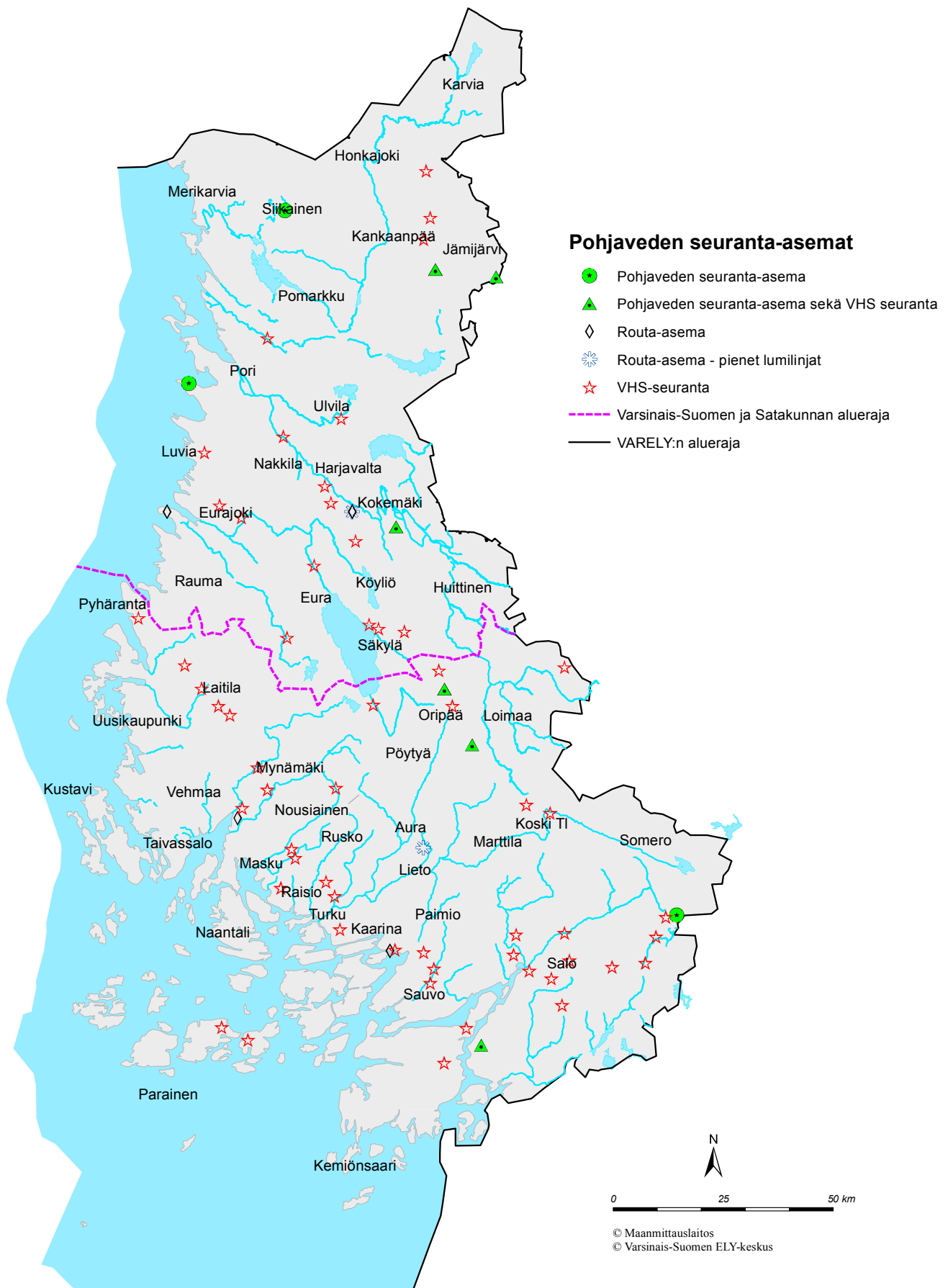
Kartta 4. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella olevia kasvi- ja eläinplanktonin seurantakohteita (tilanne vuonna 2015). Merialueen kasviplanktonkohteet sisältävät myös velvoitetarkkailuasemia, joiden kasviplankton sisältyy merenhoidon seurantaohjelmaan.



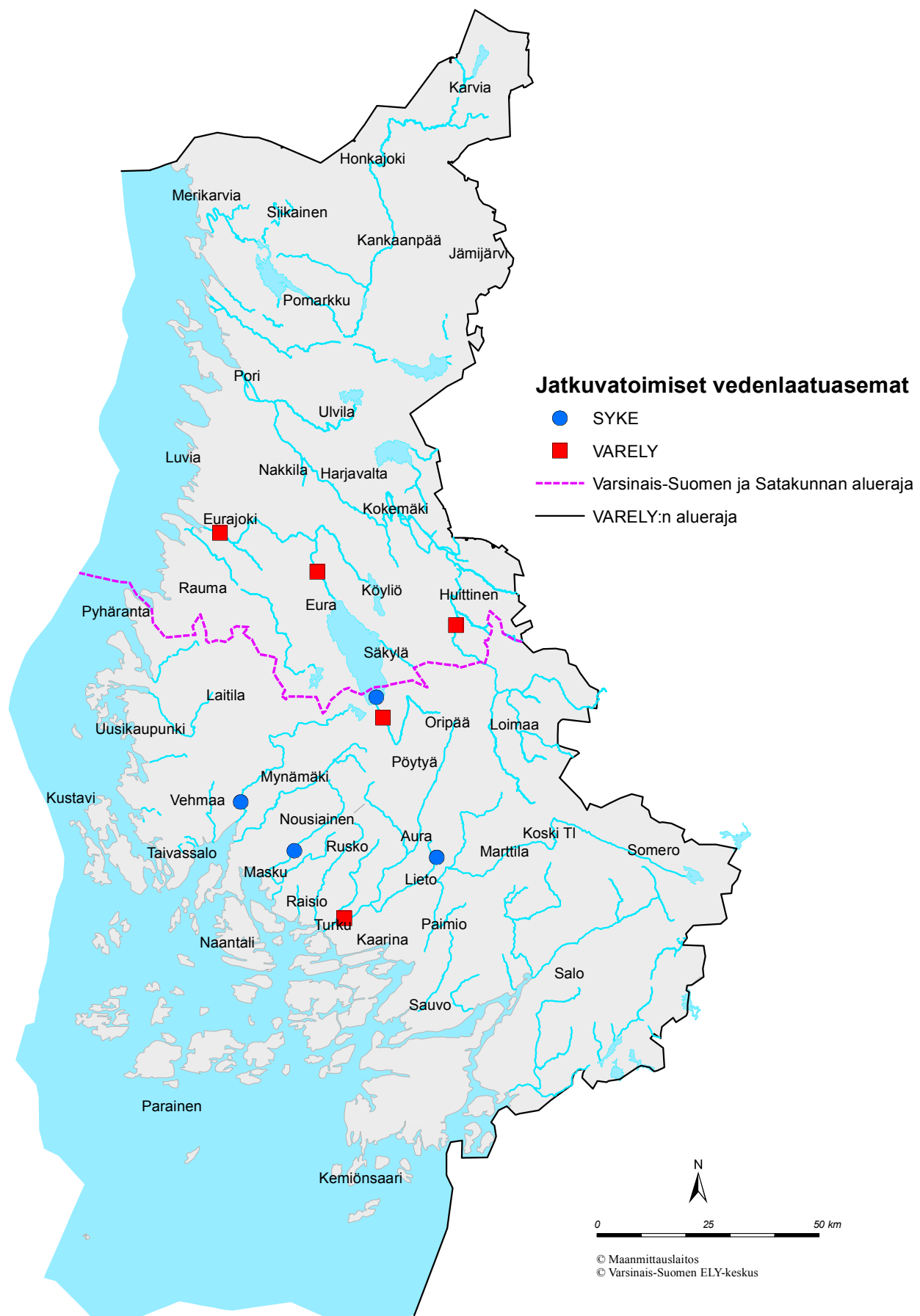
Kartta 5. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella olevia biologisen seurannan kohteita (tilanne vuonna 2015).



Kartta 6. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella olevat pohjaveden seuranta-asemat (tilanne vuonna 2015).



Kartta 7. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella olevat jokikohteiden jatkuvatoimiset vedenlaatuasemat ja Säkylän Pyhäjärven järvimittauslautta (tilanne vuonna 2015).



Julkaisusarjan nimi ja numero Raportteja 86/2015					
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat					
Tekijät Marjo Tarvainen, Helmi Kotilainen, Janne Suomela		Julkaisu-aika 2015			
		Kustantaja /Julkaisija Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus			
		Hankkeen rahoittaja /toimeksiantaja Uudet teknologiat ja toimintamallit automaattimittauksissa -hanke. Ympäristöministeriö.			
Julkaisun nimi Uudet menetelmät vesistöjen seurannassa - mahdollisuudet ja haasteet					
Tiivistelmä <p>Taloudellisten resurssien vähenemisen seurauksena seurantoja on uudistettava ja kehitettävä. Tämä on välttämätöntä, jotta tulevaisuudessakin saataisiin laadukasta ympäristötietoa riittävästi ja mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tällä hetkellä asetetaan paljon toiveita uusille teknologioille ja menetelmille, jotka voisivat parhaimmillaan vähentää työvoimavaltaista perinteistä näytteenottoa. Hydrologinen seuranta on jo pitkälle automatisoitua, mutta vedenlaadun seurannassa nojaututaan lähes kokonaan vielä perinteiseen näytteenottoon.</p> <p>Tässä esiselityksessä käydään läpi uusia seurantamenetelmiä ja mietitään niihin liittyviä mahdollisuuksia ja haasteita. Menetelmissä keskitytään lähinnä jatkuvatoimisiin ja hetkelliseen mittaukseen tarkoitettuihin kenttämittareihin, mutta sivutaan myös kaukokartoitusta ja muita menetelmiä. Selvityksessä esitellään kenttämittareista saatuja kokemuksia, aineistojen laadunvarmistukseen liittyviä kysymyksiä sekä pohditaan menetelmien käyttökelpoisuutta erilaisiin käytännön tarpeisiin. Lisäksi kerrotaan miten uusia menetelmiä on käytetty tai käytetään Varsinais-Suomen ELY-keskuksen alueella sekä arvioidaan niiden käytön lisäämisen mahdollisuuksia ja haasteita tällä alueella.</p> <p>Monista edistysaskeleista huolimatta uusien menetelmien laajempi käyttöönotto vesistöjen seurannoissa on ollut hyvin hidasta eikä niillä ole juurikaan vielä korvattu perinteistä näytteenottoa. Selvityksessä nostetaan esille mahdollisia syitä hitaudelle ja tunnistetaan uusiin menetelmiin liittyviä kehittämisen kohteita, joihin panostamalla voitaisiin edistää lupaavien ja käyttökelpoisten menetelmien laajempaa käyttöönottoa.</p>					
Asiasanat (YSA:n mukaan) vedenlaatu, uudet menetelmät, näytteenotto, jatkuvatoiminen mittaaminen, hydrologia, kenttämittari, kaukokartoitus, laadunvarmistus					
ISBN (Painettu)	ISBN (PDF)	ISSN-L	ISSN (painettu)	ISSN (verkkopainettu)	
-	978-952-314-321-0			2242-2854	
www www.doria.fi/ely-keskus		URN URN:ISBN:978-952-314-321-0		Kieli suomi	Sivumäärä 68
Kustannuspaikka ja -aika Turku 2015			Painotilo		

PRESENTATIONSBLAD

Publikationens serie och nummer Rapporter 86/2015				
Ansvarsområde Miljö och naturresurser				
Författare Marjo Tarvainen, Helmi Kotilainen, Janne Suomela		Publiceringsdatum 2015		
		Utgivare / Förläggare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Egentliga Finland		
		Projektets finansär/uppdragsgivare Projektet Nya metoder och verksamhetsmodeller i automatiska mätningar Miljöministeriet.		
Publikationens titel Nya metoder i övervakningen av vattendragen – möjligheter och utmaningar				
<p>Sammandrag</p> <p>Som en följd av de minskade ekonomiska resurserna måste övervakningen förnyas och utvecklas. Detta är nödvändigt för att också i framtiden få tillräckligt mycket högklassig miljöinformation så kostnadseffektivt som möjligt. För tillfället ställs ett stort hopp på nya teknologier och metoder som i bästa fall skulle kunna minska den arbetskraftsintensiva traditionella provtagningen. Den hydrologiska övervakningen är redan långt automatiserad, men övervakningen av vattenkvaliteten stöder ännu nästan helt på traditionell provtagning.</p> <p>I denna förundersökning går vi igenom nya uppföljningsmetoder och dryftar möjligheterna och utmaningarna med dem. Beträffande metoderna koncentrerar vi oss mest på fältmätare som är avsedda för kontinuerlig funktion och momentan mätning, men vi berör också fjärranalys och andra metoder. Vi presenterar i utredningen erfarenheter av fältmätare, frågor i anknytning till kvalitetssäkringen av materialet samt dryftar hur användbara metoderna är i praktiken. Dessutom förklarar vi hur de nya metoderna har använts eller används inom NTM-centralen i Egentliga Finland samt bedömer möjligheterna till och utmaningarna i att öka användningen av dem i detta område.</p> <p>Trots de många framstegen har de nya metoderna för övervakning av vattendragen tagits i bruk mycket långsamt och de har tillsvidare knappast alls ersatt den traditionella provtagningen. I utredningen lyfter vi också fram de möjliga orsakerna till att det gått långsamt och identifierar aspekter i de nya metoderna som kan utvecklas. Om det satsas på dessa aspekter kan ett mera omfattande ibruktagande av lovande och användbara metoder främjas.</p>				
<p>Nyckelord (enligt Allärs)</p> <p>vattenkvalitet, nya metoder, provtagning, kontinuerlig mätning, hydrologi, fältmätare, fjärranalys, kvalitetssäkring</p>				
ISBN (tryckt) -	ISBN (PDF) 978-952-314-321-0	ISSN-L	ISSN (tryckt)	ISSN (webbpublikation) 2242-2854
www www.doria.fi/ely-keskus		URN URN:ISBN:978-952-314-321-0		Språk finska
Förläggningsort och datum Åbo 2015			Tryckeri	

RAPORTEJA 86 | 2015

UUDET MENETELMÄT VESISTÖJEN SEURANNASSA - MAHDOLLISUUDET JA HAASTEET

Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ISBN 978-952-314-321-0 (PDF)

ISSN-L 2242-2846

ISSN 2242-2854 (verkkajulkaisu)

URN:ISBN:978-952-314-321-0

www.doria.fi/ely-keskus | www.ely-keskus.fi



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment